Verhandlungen

der

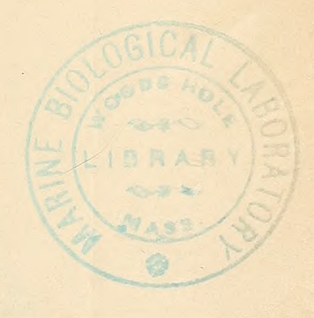
Naturforschenden Gesellschaft

in Basel.

Band XXI.

Mit 6 Tafeln und 86 Textfiguren.

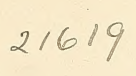
Basel
Georg & Co., Verlag
1910.



Buchdruckerei Emil Birkhäuser, Basel.

Dieser Band ist den Teilnehmern der 93. Versammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Basel gewidmet.

Inhalt.





Verzeichnis der Tafeln.

Die Kapillaranalyse kolloidaler Lösungen.

Von

Fr. Fichter und **Naima Sahlbom.**

Die auf eine Anregung von *Chr. Fr. Schönbein*[1]) zurückzuführende Kapillaranalyse ist durch umfangreiche, zum grössten Teil in unserer Gesellschaft vorgetragene und in unseren Verhandlungen veröffentlichte Arbeiten von *Friedrich Goppelsroeder*[2]) zu einer analytischen Methodik von grosser Leistungsfähigkeit ausgebaut worden, die auch physikalisch-chemische Beziehungen aufgedeckt und eine ganze Reihe von neuen Forschungen ins Leben gerufen und befruchtet hat.[3])

Von der Voraussetzung ausgehend, dass kolloidale Lösungen beim Aufsteigen im Filtrierpapierstreifen vielleicht gewisse Besonderheiten gegenüber den echten Lösungen erkennen liessen, haben wir im Mai 1908 orientierende Versuche mit anorganischen Kolloiden angestellt und dabei sofort das grundsätzlich verschiedene Verhalten positiver und negativer Kolloide erkannt.[4]) Die systematische Durchforschung der Erscheinungen und die Prüfung der verschiedenen Erklärungsversuche haben uns dann bis ins Winter-

---

[1]) Ueber einige durch die Haarröhrchenanziehung des Papiers hervorgebrachte Trennungswirkungen. Verhandl. d. Naturf. Ges. Basel III, 2. Heft, 249 (1861).

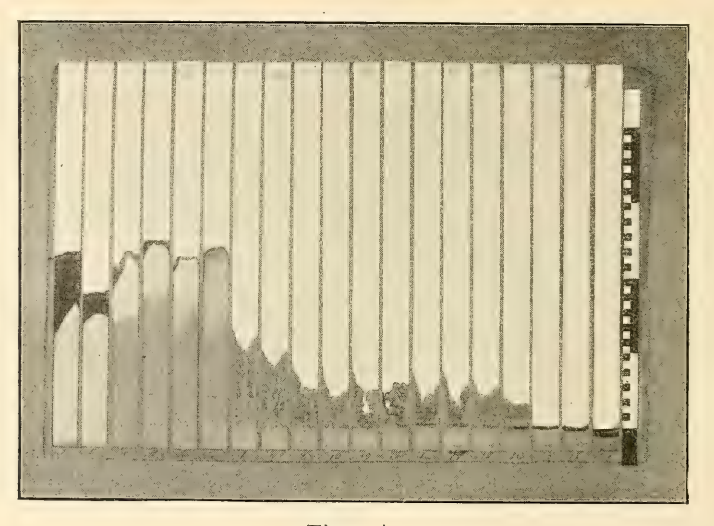
[2]) Verh. d. Naturf. Ges. Basel III, 2. Heft, 268 (1861); XIV, 1—545 (1901); XVII, 1—198 (1904); XIX, 2. Heft, 1—81 (1907); ausserdem Mitt. des k. k. Techn. Gewerbemuseums Wien 1888 und 1889; Anregung zum Studium der Capillaranalyse, Basel, bei Helbing und Lichtenhahn, 1906; Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide IV (1909); V (1909); VI (1910).

[3]) *Wo. Ostwald,* Kolloidzeitschrift II, 2. Suppl. XX (1908); *J. Holmgren,* Chem. Zentralblatt 1909. I. 55; *Zd. H. Skraup,* Wiener Monatshefte *30,* 675 (1909).

[4]) Die ersten Versuche verdanke ich der Hilfe des Hrn. Dr. *H. Siebenbürger.* Vom Sommer 1908 an hat Fräulein *N. Sahlbom* mit Fleiss und grosser Geschicklichkeit die Durchführung des experimentellen Teiles unternommen. Sie wird die ausführlichen Resultate aller Messungen in ihrer Dissertation publizieren. F. Fichter.

semester 1909/1910 beschäftigt, und im Folgenden möchten wir durch eine kurze Darstellung unserer Beobachtungen und Hypothesen einen Beitrag liefern zu der von zwei Basler Forschern begründeten Kapillaranalyse.

Wenn man nach *Thomas Graham* eine teilweise mit Ammoniumcarbonat zersetzte Ferrichloridlösung im Pergamentschlauchdialysator gegen reines Wasser diffundieren lässt und im Verlauf der Dialyse Tag für Tag eine Probe der Lösung nach geeigneter Verdünnung in Streifen aus Papier No. 598 von *Schleicher & Schüll* je 24 Stunden lang kapillarisiert, so beobachtet man, dass neben der oben im Streifen sich konzentrierenden Zone von gelbrotem



Figur 1.

Ferrichlorid eine bräunliche Färbung von kolloidalem Eisenoxyd zunächst diffus auf dem Streifen sich bis oben erstreckt, dann aber etwa vom siebenten Tage an immer mehr hinter der an dem kleinen Schmutzrand erkennbaren Steighöhe des Wassers zurückbleibt, unter Bildung eigentümlicher, bäumchenartiger Muster, um schliesslich etwa am achtzehnten Tage gerade unten an der Eintauchsgrenze als dicker brauner Niederschlag sitzen zu bleiben; das erhaltene Bild wird durch Figur 1 wiedergegeben.

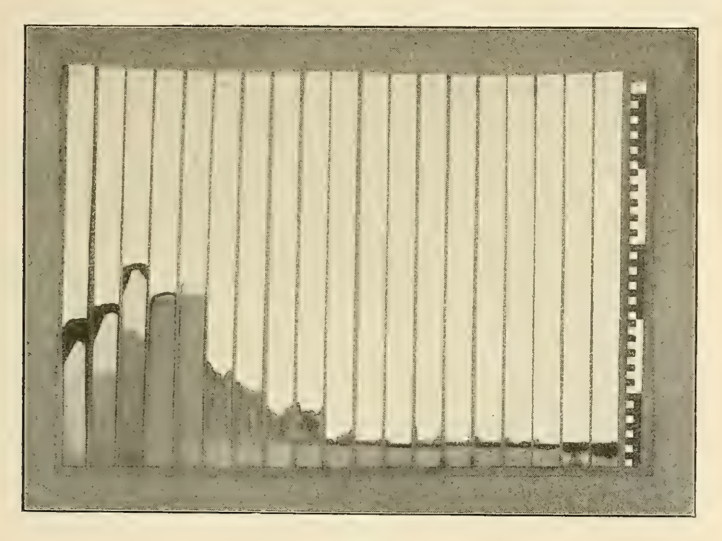
Auch eine nach dem Vorschlage von *W. Biltz* [5]) mit einer zehnprozentigen Lösung von Ferrinitrat angestellte Dialyse gibt bei der neunzehntägigen kapillaranalytischen Verfolgung ein ganz ähnliches Bild, Figur 2, mit etwas niedrigeren „Bäumchen“.

---

[5]) Ber. der Deutschen chem. Ges. *35*, 4433 (1902).

Aus den beiden Versuchsreihen muss man den Schluss ziehen, dass reine fertig dialisierte kolloidale Eisenoxydlösung im Filtrierpapier nicht aufsteigen kann, sondern unten an der Eintauchsgrenze gefällt wird. Daran knüpfen sich sofort zwei Fragen, nämlich erstens, ob die Eigenschaft des kolloidalen Eisenoxyds nur ihm, oder ob sie auch andern kolloidalen Lösungen zukommt; und zweitens, ob die Erscheinung von der Natur des Kapillarmediums Papier oder von den zufälligen Verunreinigungen der angewandten Papiersorte abhängt.

Zur Beantwortung der ersten Frage wurden eine Anzahl positiver und negativer anorganischer Kolloide in derselben Art im

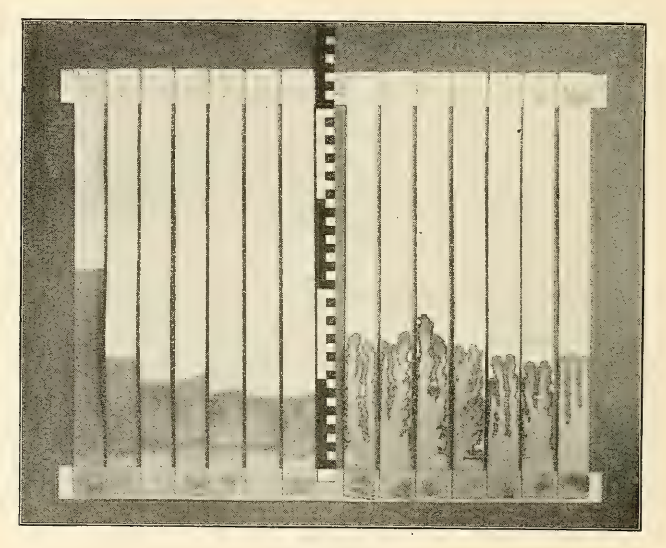


Figur 2.

Verlauf der Dialyse untersucht und dabei festgestellt, dass alle positiven Kolloide nach genügender Dialyse unten an der Eintauchsgrenze gefällt werden, während die negativen Kolloide sich zum Teil bis zur Steighöhe des Wassers erheben, zum Teil im Verlauf des Anstiegs auf dem Papierstreifen ausgeflockt werden, aber nie das typische Fällungsbild an der Eintauchsgrenze geben. Die folgenden Bilder dienen zum Belege der aufgestellten Regeln. Figur 3 zeigt links die Dialyse von Berlinerblau in sieben Streifen, rechts die Dialyse von Uranylferrocyanid in sieben Streifen; auf beiden Serien sind die gefärbten Kolloide fast oder ganz bis zur Steighöhe des Wassers sichtbar, und auf den Streifen finden sich noch sekundäre Ablagerungen, vielleicht veranlasst durch den Einfluss des Kohlendioxyds der Luft.

Figur 4 enthält links die Dialyse von Selenlösung, deren Steighöhe mit zunehmender Reinheit anwächst; rechts die Dialyse von Cupriferrocyanid, dessen blasse Färbung freilich nur ein undeutliches Bild ergab.

In Figur 5 endlich ist eine Zusammenstellung von sechs fertig dialysierten positiven Kolloiden links, nämlich Ferrioxyd, Chromioxyd, Zirkondioxyd, Ruthenioxyd, Cerdioxyd und Cuprioxyd, und sechs fertig dialysierten negativen Kolloiden rechts, nämlich Gold, Silber, Arsentrisulfid, Antimontrisulfid, Berlinerblau und Selen, aus welcher der scharfe Gegensatz im Verhalten der beiden Hauptklassen deutlich hervorgeht. Leider ist die Photographie ausser



Figur 3.

Stande, die zarte Färbung des *Bredig*'schen Goldsols [6]) und die hellen bis oben reichenden Zonen bei den vier folgenden negativen kolloidalen Lösungen wiederzugeben. Für kolloidales Silber besitzen wir aber von *Fr. Goppelsroeder* [7]) die wichtige, durch viele Versuche belegte Angabe, dass es im Papier gleich hoch steigt wie das Wasser.

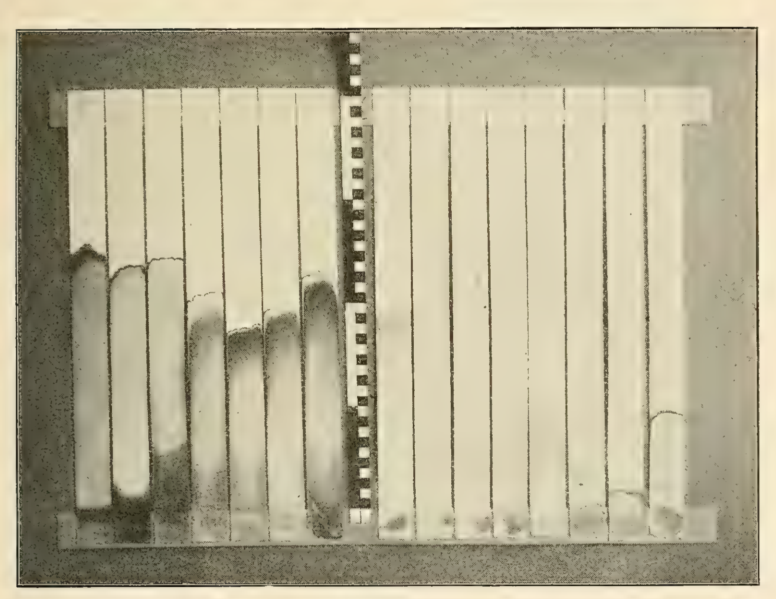
Folgende anorganische Kolloide haben wir nach der angegebenen Methode untersucht und zwar durchweg mit dem Ergebnis, dass die elektronegativen normal ansteigen, die elektropositiven aber an der Eintauchsgrenze gefällt werden:

---

[6]) *G. Bredig,* Anorganische Fermente S. 24.

[7]) Anregung zum Studium der Capillaranalyse S. 53.

elektropositive Kolloide	*elektronegative Kolloide*
Ferrioxyd	Berlinerblau
Chromioxyd	Cupriferrocyanid
Aluminiumoxyd	Uranylferrocyanid
Zirkondioxyd	Selen
Thoriumdioxyd	Gold
Cerioxyd	Silber
Cuprioxyd	Molybdänblau
Ruthenioxyd	Vanadinsäure
	Arsentrisulfid
	Antimontrisulfid

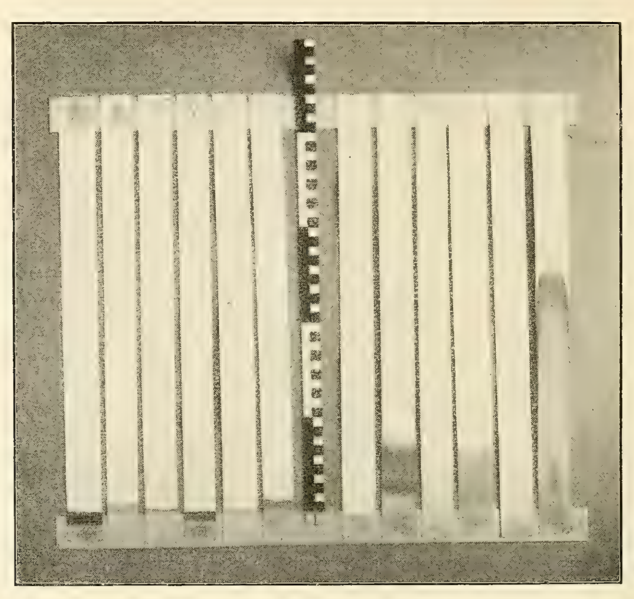


Figur 4.

Bei der Messung des Anstiegs suchten wir von der Anwendung chemischer Reagentien unabhängig zu bleiben, denn durch einen derartigen Nachweis gewinnt man kein Urteil darüber, ob das Emporgestiegene als Kolloid oder als noch nicht durch Dialyse entferntes Salz gewandert ist. Wir verwendeten darum grösstenteils farbige Kolloide, und wo eine Eigenfarbe fehlt, wie bei Aluminiumoxyd, Zirkondioxyd und Thoriumdioxyd, ersetzten wir sie mit bestem Erfolg durch Färbung mit Hämatoxylin, von dem aber nur so wenig angewandt werden darf, dass das weit überschüssige Metalloxyd dem entstehenden Farblack sozusagen als Schutzkolloid seinen elektropositiven Charakter aufzwingt. In der oben gegebenen

Zusammenstellung sind übrigens zwei Kolloide angeführt, die als solche noch nicht in der Literatur beschrieben waren, die aber nach bekannten Methoden leicht zu gewinnen sind, nämlich Rutheniоxyd [8]) und Uranylferrocyanid.

Zur Beantwortung der andern Frage, ob die Erscheinung der Fällung elektropositiver Kolloide an der Eintauchsgrenze von der Natur des Papiers oder von der Reinheit der verwendeten Sorte abhängt, haben wir zunächst — unter Verwendung des bequem zu gewinnenden und wegen seiner Farbe bequem zu beobachtenden Eisenoxydkolloids — verschiedene Papiersorten geprüft. Neben der von



Figur 5.

Fr. Goppelsroeder [9]) für Kapillarversuche empfohlenen Nr. 598 von *Schleicher & Schüll* kamen noch neun andere Sorten derselben Firma, und ausserdem fünf Sorten der weltberühmten schwedischen Fabrik *J. H. Munktell* zur Untersuchung. Dabei zeigte sich das überraschende Ergebnis, dass ein in Papier 598 nicht mehr ansteigendes kolloidales Eisenoxyd in sämtlichen schwedischen und in einigen deutschen Papieren erhebliche Steighöhen aufweist. Die Figur 6 enthält links die fünf schwedischen, rechts die zehn deut-

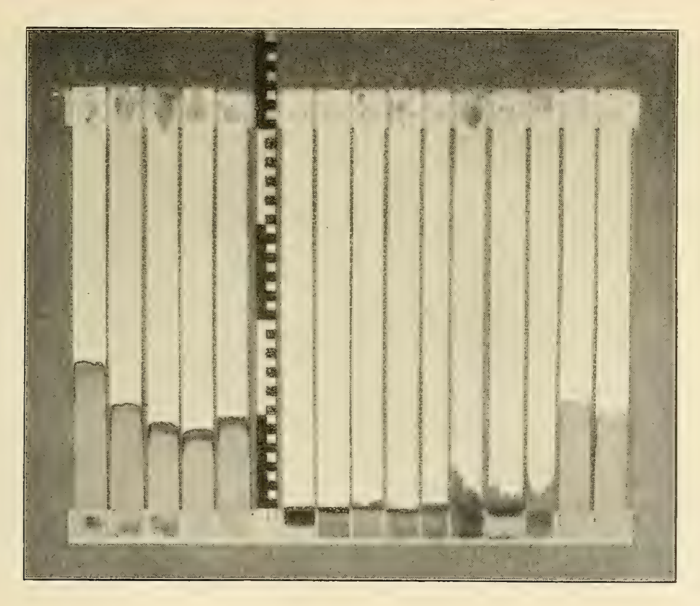
[8]) Vergl. dazu *A. Gutbier* und *G. Hofmeyer,* Journal für prakt. Chemie (2) *71,* 454 (1905).

[9]) Verh. d. Naturf. Ges. Basel XIX, 2. Heft, 3 (1907).

schen Sorten[10]) bei Untersuchung einer nach *Graham* aus Ferrichlorid hergestellten Eisenoxydlösung.

Die Figur 7 zeigt in derselben Anordnung der Streifen das analoge Bild unter Verwendung einer nach *W. Biltz* aus Ferrinitrat gewonnenen Eisenoxydlösung.

Das verschiedene Verhalten verschiedener Papiersorten ist auf eine ganze Anzahl von Einflüssen zurückzuführen. Eine grosse Rolle spielt die Dicke des Papiers, was folgende Figur 8 zeigt; sie enthält die kapillaranalytische Verfolgung von Dialysen, links mit Ferrichlorid und rechts mit Ferrinitrat, ganz in derselben An-



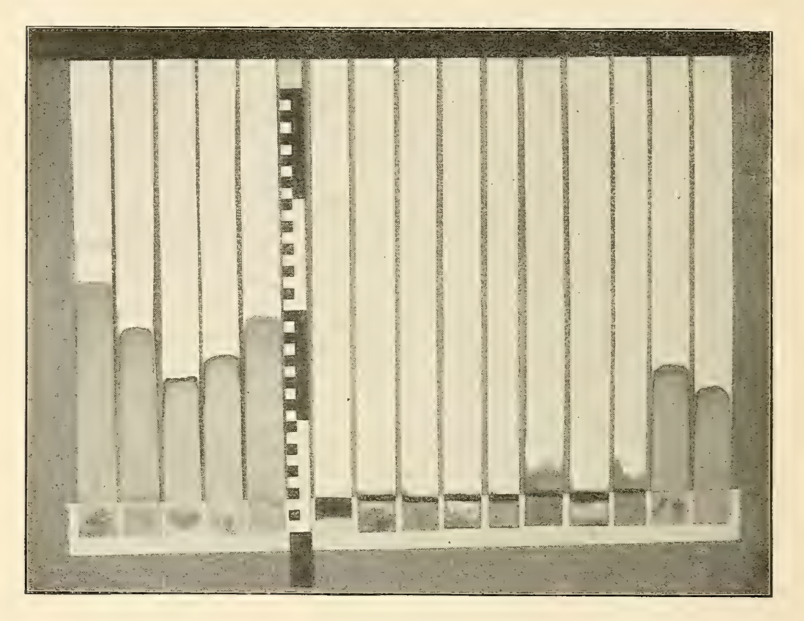
Figur 6.

ordnung wie die Figuren 1 und 2, unter Verwendung der dicksten Sorte der deutschen Papiere, Nr. 571 von *Schleicher & Schüll*. Bei diesem Papier scheint nun die Dialyse schon am achten bezw. siebenten statt erst am neunzehnten Tage beendet, und ein jedesmal daneben gehängter Streifen von 598, mit derselben Lösung am achten bezw. siebenten Tage hergestellt, zeigt, wie die ungenügende Entfernung der Salze im dünneren Papier noch einen bedeutenden Anstieg veranlasst in einem Augenblick, wo im dicken Papier schon die Steighöhe gleich Null geworden ist.

---

10) In der Reihenfolge *Munktell* 0 B, 1 F, 0, 00, 2; *Schleicher & Schüll* 571, 598, 597, 604, 3 BF, 520, 591, 500, 602 h, 602 eh.

Beim Kapillarisieren in der freien Luft entspricht die beobachtete Wassersteighöhe einem Gleichgewicht zwischen dem kapillaren Anstieg und der Verdunstung, und durch die Querschnittseinheit eines dünnen Papieres wird relativ viel mehr Lösung hindurchgesaugt als bei einem dicken Papier. Durch Ausschluss der Verdunstung fällt der Unterschied fort und es ergeben sich ganz andere, viel gleichmässigere Steighöhen der Kolloidlösung, was durch eine andere Versuchsanordnung leicht erreicht wird. Wir hängten die Papierstreifen in weite Glasrohre, die unten in die Lösung tauchten und oben mit einem Wasserverschluss (mit Hilfe eines U-

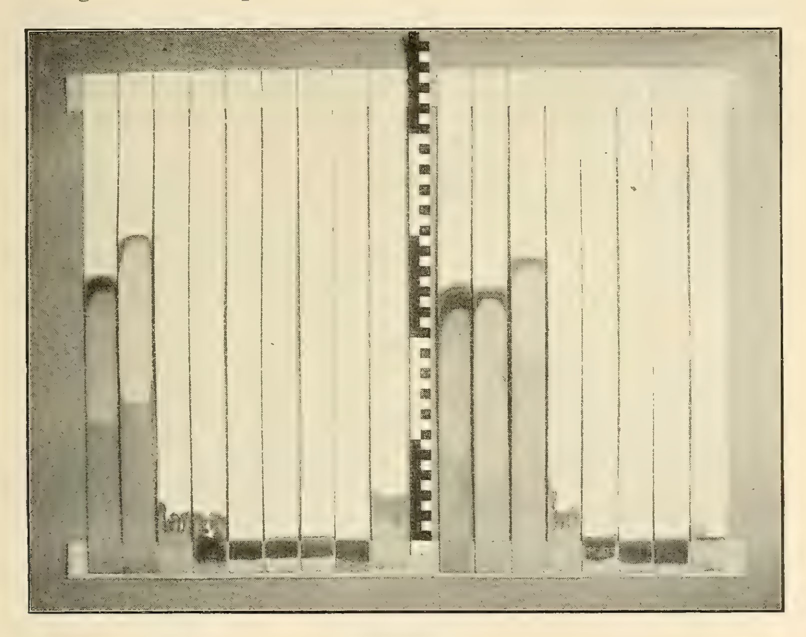


Figur 7.

Rohres) versehen waren, so dass im Innern des Rohres die Luft mit Wasserdampf gesättigt blieb. Unter diesen Umständen stieg das Wasser in allen Streifen bis zum oberen Ende; negative Kolloide stiegen ebenfalls mit dem Wasser bis zum oberen Ende des Streifens. Die Eisenoxydlösung aber wies jetzt nur noch geringe Steighöhen auf, was Figur 9 (in derselben Anordnung wie Figur 6 und 7) zeigt.

Allerdings beobachtet man auch hier noch in einzelnen Sorten, namentlich in den schwedischen, einen gewissen Anstieg: dabei muss aber in Betracht gezogen werden, dass es sich um mit Säure gewaschene Papiere handelt, und diese nehmen eine weiter unten zu erklärende Sonderstellung ein.

Wir müssen an dieser Stelle noch auf einen weiteren Umstand aufmerksam machen, der bei Verwendung von Papier als Kapillarmedium berücksichtigt werden muss: zwei verschiedene Lieferungen einer und derselben Papiersorte können Unterschiede in der Steighöhe aufweisen. Fast jeder Autor, der mit Papierstreifen arbeitete, hat dergleichen Beobachtungen gemacht. Unsere Figuren haben darum nur eine beschränkte Geltung, sie können bei erneuter Bearbeitung mit neuen Sendungen der gleichen Papiere sich im Einzelnen verändern. In einem Fall haben wir gefunden, dass der Aschengehalt des Papieres von Bedeutung ist, insofern eine aschen-



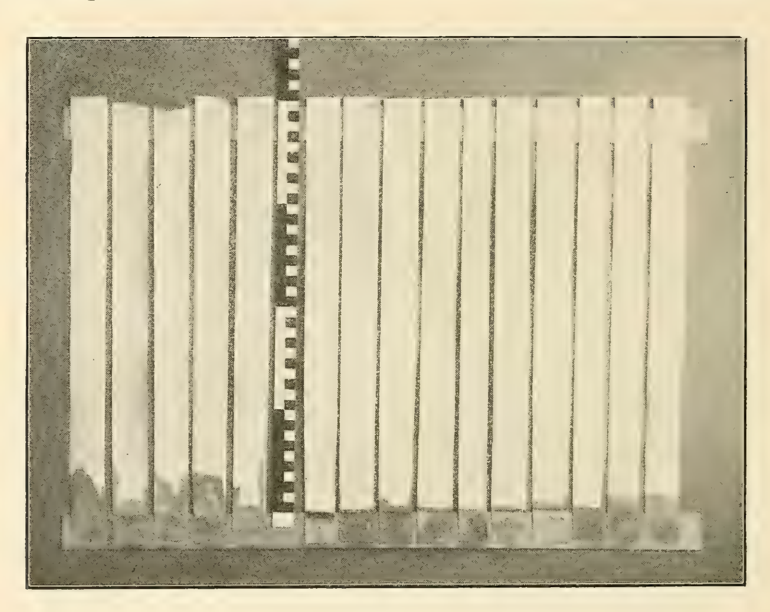
Figur 8.

ärmere zweite Lieferung einer bestimmten Sorte grössere Steighöhen aufwies als die erste, aschenreichere Sendung. Aber wir haben uns vergebens bemüht, eine einfache Beziehung zwischen Aschengehalt und Steighöhe des Eisenoxyds für verschiedene Papiere abzuleiten: die Einflüsse der Dicke und des Waschens mit Säuren verwickeln und verwirren das Bild zu sehr.

Ein abschliessendes Urteil darüber, ob der Aschengehalt des Filtrierpapiers die Fällung der positiven Kolloide an der Eintauchsgrenze erleichtert, könnte erst abgegeben werden, wenn ein aschearmes, aber nicht mit Säure gewaschenes Papier von genügender Dicke zur Verfügung stände. Zur Erzielung der von uns beschrie-

benen Erscheinungen beim Kapillarisieren in freier Luft eignen sich so ziemlich alle Filtrierpapiersorten, deren Dicke mindestens 0.2 mm beträgt und die nicht mit Säuren behandelt worden sind. Ausser den bisher angeführten sind beispielsweise auch die Nummern 334 und 335 von *Max Dreverhoff* sehr brauchbar.

Das Fällungsphänomen selbst ist aber von der Natur des Papiers vollkommen unabhängig; weder die Mineralbestandteile der Asche noch die Eigenschaften der Cellulose sind notwendig, um die Erscheinung hervorzurufen.[11]) Das zeigten uns Versuche mit anderen Kapillarmedien, vor allem mit dem chemisch indifferenten,



Figur 9.

ausgeglühten Quarzsand. Wir füllten Röhren aus Jenenser Glas, die am unteren Ende etwas verengt waren, mit gesiebtem[12]) ausgeglühtem Quarzsand. Taucht man eine solche „Sandsäule“ in eine Lösung von kolloidalem Eisenoxyd oder Chromioxyd, so sieht man

---

[11]) *O. Teague* und *B. H. Buxton*, Zeitschrift für phys. Chemie *60*, 484 (1907) sprechen bei Versuchen über den kapillaren Anstieg von Farbstoffen von den Säureeigenschaften der hydroxylreichen Cellulose, welche im Festhalten des Methylenblaus zum Ausdruck kommen sollen. Wir halten diese, durch andere chemische Tatsachen kaum zu stützende Hypothese für unnötig.

[12]) Zwischen zwei Sieben von 0.5 und 1 mm Maschenweite.

das Wasser 30—40 cm hoch emporsteigen, während die positiven Kolloide unten an der Eintauchsgrenze gefällt werden, genau wie im Papierstreifen. Negative Kolloide aber erheben sich in den Sandröhren fast ebenso hoch wie das Wasser.

Eine chemische Reaktion ist also bei diesem Fällungsvorgang nicht im Spiel. Es handelt sich um ein Phänomen, das mit dem kapillaren Anstieg im Zusammenhang steht.

Wir untersuchten darum die Kapillarerscheinungen der kolloidalen Eisenoxydlösung unter Verwendung von Kapillaren aus Jenenser Glas. Eine Reihe von Messungen der Kapillaritätskonstante einer 0.1-normalen Eisenoxydlösung (2.6616 gr im Liter) vom spezifischen Gewicht 1.0010 bei 15^0, bezogen auf Wasser von 4^0, ergab für a innerhalb der Fehlergrenzen den Wert wie für reines Wasser. Bei der bekannten Schwierigkeit derartiger Messungen war es uns nicht möglich, genaue Zahlen zu erhalten; das vorläufige Resultat, dass die Kapillaritätskonstante der kolloidalen Eisenoxydlösung kaum von derjenigen des Wassers verschieden ist, genügt aber vollkommen, um zu zeigen, dass die Erklärung unseres Fällungsphänomens nicht in dieser Richtung gesucht werden darf.

Für die Messungen benützten wir Kapillaren von 0.4—0.5 mm Durchmesser. Verringert man nun aber den Durchmesser, so kommt man bei 0,16—0,15 mm zu einer ganz neuen Erscheinung: die kolloidale Eisenoxydlösung *flockt* im Moment des Hineinschiessens in die Kapillare *aus*, und es steigt reines Wasser empor, während das Lumen der Röhre sich mit den Geflocken mehr oder weniger verstopft, so dass auch das reine Wasser sich gar nicht zu der berechneten Höhe erheben kann. Wir haben diese Erscheinungen beobachtet mit Hilfe eines Mikroskopes, das, an einem Kathetometerstativ befestigt, die ganze Länge der Kapillare bestreichen konnte, während die Lösung im gewünschten Augenblick durch Emporschrauben einer kleinen Küvette bis zum unteren Ende der festgespannten Kapillare gehoben wurde. Es existiert also ein „kritischer Durchmesser“ von 0,15—0,16 mm, unterhalb dessen kolloidale Eisenoxydlösung beim kapillaren Anstieg gefällt wird, während sie in weiteren Röhrchen ungefällt und ungefähr gleich hoch wie Wasser ansteigt.

Damit ist nun die Erscheinung der Fällung positiver Kolloide beim kapillaren Anstieg vollkommen aufgeklärt: es handelt sich um ein *kapillarelektrisches* Phänomen. Die in den positiven Kolloidlösungen schwebenden Kolloidteilchen besitzen eine positive elektrische Ladung, darum wandern sie im elektrischen Spannungsgefälle zur Kathode. Wenn sie ihrer positiven Ladung beraubt werden, so flocken sie aus. Nach den bekannten umfassenden For-

schungen von *Wiedemann, Quincke, Helmholtz* und *Perrin*[13]) über die Elektroendosmose wissen wir, dass durch Anlegung einer Spannung an den Enden einer Kapillare Flüssigkeitsströmungen veranlasst werden: das Gegenbild ist die Erzeugung elektrischer Potentialdifferenzen an den Enden einer Kapillare beim Durchströmen einer Flüssigkeit, die sog. Strömungsströme. Dabei laden sich in Wasser fast alle Kapillarmedien negativ, und dadurch werden sie offenbar befähigt, positive Kolloidteilchen zu entladen und auszuflocken, d. h. also das von uns beschriebene Phänomen zu geben. Aus der von *Helmholtz* aufgestellten Formel für die „elektromotorische Kraft der Filtration" (um den von *J. Perrin* geprägten, für unser Phänomen ausgezeichnet passenden Ausdruck zu verwenden)

$$E = \frac{P \cdot \varepsilon \cdot D}{4\pi \cdot \eta \cdot \lambda}$$ [14])

geht hervor, dass die Grösse der elektromotorischen Kraft direkt abhängt vom hydrostatischen Druck oder also von der Steighöhe in der Kapillare; je enger der Durchmesser, desto grösser die Steighöhe und desto grösser die elektromotorische Kraft, bis dass letztere beim kritischen Durchmesser gross genug wird, um die Ladung der Kolloidteilchen zu kompensieren und die Ausflockung zu bewirken.

Bei unseren Versuchen und deren Diskussion müssen wir die Grössen E, P, ε (Potentialsprung der Doppelschicht) und λ berücksichtigen. D und η sind von den entsprechenden Werten des reinen Wassers nicht wesentlich verschieden, was wir bezüglich der inneren Reibung noch durch eigene Messungen bestätigt haben.

Vor allem interessiert die Frage, wie gross denn die elektromotorische Kraft der Filtration mindestens sein müsste, um die Ausflockung des Eisenoxyds bewirken zu können. Berechnet man nämlich E aus der obigen Formel für reines Wasser und für den kritischen Durchmesser von 0.15 mm, so erhält man einen Wert von E = 0.673 Volt, der gegenüber den gewöhnlich für die kataphoretische Fällung angewandten Spannungen sehr niedrig erscheint.

---

[13]) Um nur die wichtigsten Autoren zu nennen. Die neuesten, von *J. Perrin* stammenden Arbeiten sind im Journal de Chimie physique *2*, 601 (1904) und *3*, 50 (1905) veröffentlicht.

[14]) Darin bedeutet E die elektromotorische Kraft der Filtration, P den hydrostatischen Druck, ε das Potential zwischen der Wand des Kapillarmediums und der Flüssigkeit, D die Dielektrizitätskonstante der Flüssigkeit, η die innere Reibung und endlich λ das Leitvermögen der Flüssigkeit.

Allerdings hat *W. Biltz*[15]) gezeigt, dass in einfachen galvanischen Ketten aus zwei Metallen mit einer kolloidalen Lösung Ausflockung eintritt, aber erst im Verlauf von Stunden, während unsere Erscheinung in den Glaskapillaren im ersten Augenblick zustande kommt.

Wir brachten deshalb kolloidale Eisenoxydlösungen bekannter Konzentration auf einen Objektträger, führten zwei spitz zugeschnittene dünne Platinblechelektroden mit einem Abstand von 1 mm ein, die mit Hilfe eines Gefällsdrahtes auf verschiedene Spannungen gebracht werden konnten, und beobachteten nun im Mikroskop während je einer Minute, ob an der Kathode der wie eine Gallerthaut aussehende Niederschlag von Eisenoxydgel sich zeigt. Die Methode ist allerdings sehr roh, denn da nur auf das Auftreten einer sichtbaren Fällung abgestellt wird, die Erscheinung selbst aber infolge der Färbung der Lösung schwer zu beobachten ist, so bekommt man schwankende Werte und die wahren Zahlen liegen vielleicht niedriger. Für die nach *Graham* bereitete Eisenoxydlösung fanden wir beispielsweise:

Gehalt		*„Fällungsspannung"*
gr/Lit.	Milliäquivalent/Liter	Volt
6.40	240.6	1.65—1.75
4.00	150.4	1.50—1.55
3.20	120.3	1.40—1.45
2.40	90.2	1.25—1.30

Die für die kapillaranalytischen Versuche verwendeten Lösungen waren meist verdünnter, die Fällungsspannung demgemäss noch niedriger. Die Zahlenwerte haben nur vorläufigen Charakter, aber sie genügen uns insofern als sie beweisen, dass die Fällung bei elektromotorischen Kräften der erwarteten Grössenordnung möglich ist.

Für P finden wir in Glaskapillaren beim kritischen Durchmesser eine Steighöhe von rund 20 cm; was ist die Steighöhe in den Papierstreifen? Das ist nicht leicht zu bestimmen. Hängt man Streifen von Papier Nr. 598 vollkommen vor Verdunstung geschützt in Glasröhren auf, so findet man nach 24 Stunden eine Steighöhe von etwa 56 cm, entsprechend einem Durchmesser der Kapillaren von 0.054 mm; aber bei längerem Hängen steigt das Wasser noch höher, gerade als ob ein Quellen der Fasern und damit eine Verengerung der Kapillarräume stattfinde. Es handelt sich dabei natürlich nicht um das Lumen der Baumwollfasern, son-

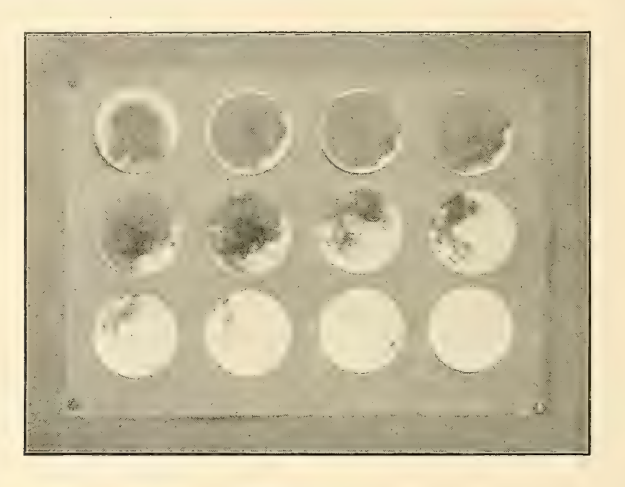
---

[15]) Zeitschrift für Elektrochemie *14*, 567 (1908).

dern um die kapillaren Zwischenräume des Fasergeflechts. Nehmen wir die 24-stündige Steighöhe als massgebend, so würde E im Papier etwa dreimal so gross als in den kritischen Glaskapillaren, unter der unbewiesenen Voraussetzung freilich, dass ε am Papier denselben Wert besitzt wie an Glas.

Auf den Einfluss von λ werden wir später zurückkommen.

Zunächst soll noch auf die Bedeutung der *Bewegung* der Flüssigkeit im Kapillarmedium hingewiesen werden, weil dies eine Grundlage unserer Auffassung der kapillaranalytischen Fällung als kapillarelektrische Erscheinung bildet. Im Papierstreifen bewegt sich die Lösung infolge der kapillaren Saugkraft rasch empor. Man kann diese Bewegung ersetzen durch einen von aussen



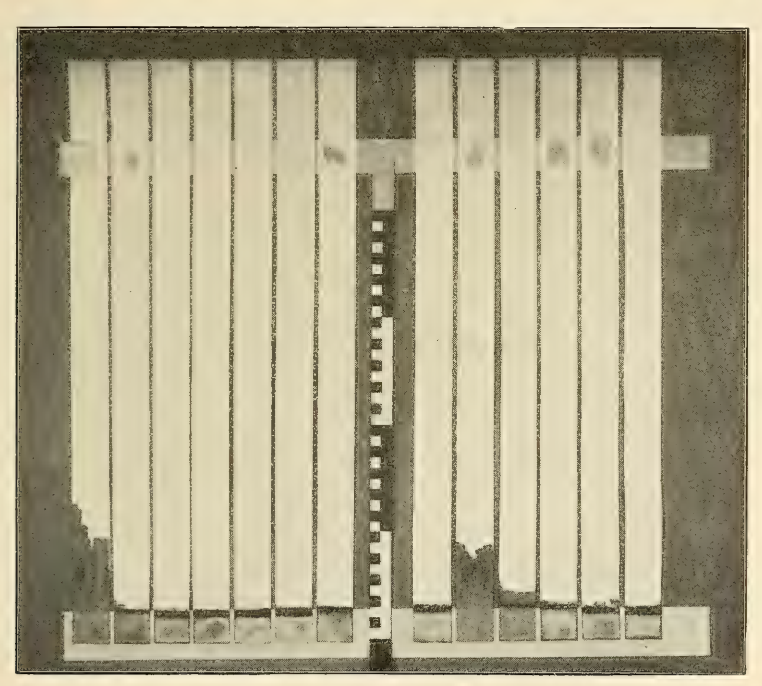
Figur 10.

wirkenden Druck, z. B. den Luftdruck; wenn man eine kolloidale Eisenoxydlösung mit der Luftpumpe durch eine mehrfache Lage von Papier 598 durchsaugt, so tritt vollkommene Ausflockung ein, so dass schon das elfte Filter, wie Figur 10 zeigt, fast farblos ist. Dabei ist es gleichgültig, ob die filtrierende Papierschicht vor dem Versuch benetzt wird oder nicht, weil die kapillare Saugkraft bei dieser Anordnung ausgeschaltet ist.

Man kann aber die Bewegung der Lösung in den Kapillarräumen auch ersetzen durch eine Bewegung des Kapillarmediums Papier im Innern der Eisenoxydlösung, mit Hilfe einer Schüttelmaschine. 0.25 gr des reinsten schwedischen Filtrierpapiers *J. H. Munktell* Nr. 00, fein aufgeschlemmt mit 100 cm^3 0.01-normaler Eisenoxydlösung, bewirken bei 24stündigem Stehen keine Ver-

änderung, veranlassen aber bei halbstündigem Schütteln vollkommene Fällung. Ganz ähnliche Versuche lassen sich mit ausgeglühtem Quarzsand anstellen.

Ein sehr einfacher, in wenigen Minuten durchzuführender Versuch gibt ein überzeugendes Bild von der Wichtigkeit der Bewegung für die kapillaranalytische Fällung und von dem grundsätzlichen Unterschied gegenüber den Adsorptionserscheinungen. Zwei kleine, etwa 7 cm lange, 2 cm breite Papierstreifen, von denen der eine trocken, der andere mit der Spritzflasche benetzt



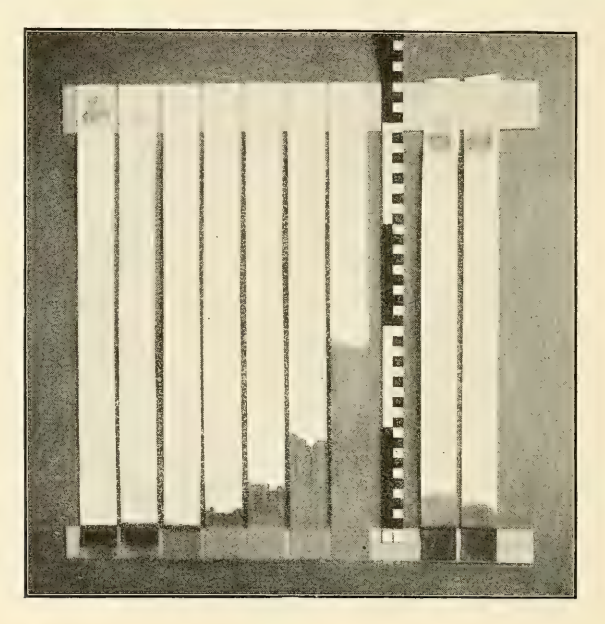
Figur 11.

ist, senkt man 2 cm tief in dasselbe Becherglas mit verdünnter kolloidaler Eisenoxydlösung und lässt sie so lange darin, bis das Wasser im trockenen Streifen am obern Ende angelangt ist: darauf werden beide Streifen herausgehoben und sorgfältig abgespritzt. Der trockene Streifen zeigt an der Eintauchsgrenze die bekannte starke Fällung, während die eingetauchte Zone schwach bräunlich gefärbt ist; dieselbe Färbung, von adsorbiertem Eisenoxyd herrührend, weist auch die eingetauchte Zone des ursprünglich befeuchteten Streifens auf, aber die Fällung an der Eintauchsgrenze fehlt. Der Versuch gelingt ebensogut mit andern positiven Kolloiden, z. B.

eignet sich dazu eine verdünnte Lösung von Nachtblau[16]). Namentlich beim Durchsehen erkennt man im trocken gewesenen Streifen den dicken Farbstoffniederschlag an der Eintauchsgrenze, während die adsorbierten Mengen bei der kurzen Versuchsdauer verschwindend gering sind.

Wir müssen aber jetzt zu unsern ersten Versuchsreihen der kapillaranalytischen Verfolgung von Dialysen zurückkehren, denn es gilt noch eine Frage aufzuklären: warum steigt kolloidales Eisenoxyd im Filtrierpapier, solange noch Salze zugegen sind?

Dass der Zusatz von Ferrisalzen zu einer fertig dialysierten Lösung von Eisenoxyd in der Tat das Ansteigen genau so be-



Figur 12.

wirkt wie bei ungenügender Dialyse, zeigt Figur 11. Auf der linken Hälfte des Bildes sieht man sechs Streifen, hergestellt mit Lösungen von 10 Milliäquivalent Fe_2O_3 im Liter, die einen Zusatz von 10, 1, 0.1, 0.01, 0.001, und 0.0001 Milliäquivalent Ferrichlorid bekommen haben, während der siebente Streifen zur Kontrolle ohne Zusatz blieb; auf der rechten Seite steht der Kontrollstreifen voran und dann kommt eine ganz ähnliche Reihe mit Zusätzen von Ferrinitrat.

[16]) Die sich wie ein positives Kolloid verhält, vergl. z. B. *O. Teague* und *B. H. Buxton*, Zeitschr. für phys. Chemie *60*, 479 (1907).

Der Salzzusatz wirkt offenbar durch die hydrolytisch freigewordene Säure, denn ein gradueller Zusatz von Salzsäure veranlasst, wie Figur 12 beweist, erhebliche Steighöhen; die Säuremenge beträgt auf 7.2 Milliäquivalent Eisenoxyd in den Streifen von links nach rechts 0, 0.1, 0.125, 0.25, 0.63, 1.25 und 2.50 Milliäquivalent Salzsäure. Die beiden Streifen rechts wurden vor dem Kapillarversuch, der erste mit normaler, der zweite mit 0.1-normaler Salzsäure behandelt, mit Wasser so gründlich wie möglich ausgewaschen, getrocknet, und dann zum Versuch verwendet. Der erzielte Anstieg zeigt den grossen Einfluss der Säuren und erklärt einen Teil der auf den Figuren 6 und 7 ersichtlichen Unregelmässigkeiten.

Wie sollen wir aber an Hand der oben entwickelten Theorie den Einfluss der Gegenwart von Säuren verstehen? Am nächsten liegt es, an die positiv geladenen Wasserstoffionen zu denken und anzunehmen, dass sie das negative Potential der Doppelschicht am Kapillarmedium verringern oder vernichten.[17]) Genau zu demselben Ergebnis führt natürlich die Vorstellung, dass das positive Potential der Doppelschicht an den Kolloidteilchen durch positive Aufladung seitens der Wasserstoffionen erhöht wird: dann ist eine grössere negative Ladung der Kapillarwand erforderlich, um die Ausflockung zu erzielen. Für die Brauchbarkeit dieser Auffassungen sprechen Messungen, die mit dem oben geschilderten Apparat angestellt wurden, und welche eine graduelle Erhöhung der „Fällungsspannung" mit steigendem Zusatz von Salzsäure oder Essigsäure beweisen. Eine Beobachtungsreihe mag das illustrieren.

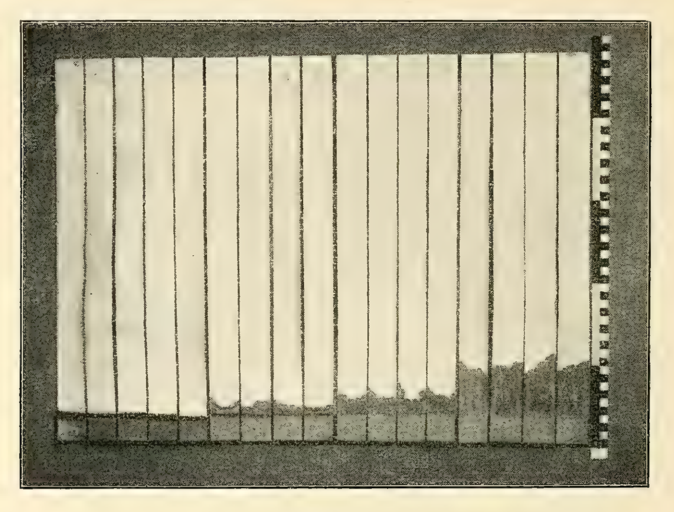
Fällungsspannung.

Kolloidale Eisenoxydlösung nach *Graham*, 120.3 Milliäquivalent Fe_2O_3 im Liter.

HCl	Volt
0	1.40—1.45
0.1 Milliäquivalent	1.45—1.50
0.2	1.50—1.55
0.4	1.55—1.60
0.8	1.90—1.95
1.0	1.95—2.00
2.0	2.10—2.15
4.0	2.30—2.35

[17]) *J. Perrin*, a. a. O. Vergl. dazu *A. T. Cameron* und *E. Oettinger*, Chem. Zentralblatt 1909. I. 1830. Auf dem Boden der Perrin'schen Anschauungen liesse sich auch der grössere Anstieg in dünnen Papieren erklären, denn wenn durch die Verdunstung immer neue Kolloidteilchen angezogen werden, so können sie schliesslich die Wand der Kapillaren mit positiven Ladungen tapezieren.

Aber die Hypothese von der Veränderung von ε wird den Tatsachen nicht völlig gerecht. Wenn es auf die Wasserstoffionen allein ankäme, so müsste die Wirkung der Säuren ihrem Dissociationsgrad entsprechen. Dies ist jedoch nicht der Fall, wie ein Blick auf Figur 13 zeigt, wo neben einem Kontrollstreifen ohne Säurezusatz vier Serien hängen, gewonnen durch Kapillaranalyse einer Lösung mit 10 Milliäquivalent Eisenoxyd unter Zusatz von je 0.1, 0.2, 0.5, und 1.0 Milliäquivalent des Säurequartetts Essigsäure, Monochloressigsäure, Dichloressigsäure und Trichloressigsäure; äquivalente Mengen dieser so verschieden starken Säuren bewirken fast vollkommen gleichen Anstieg!



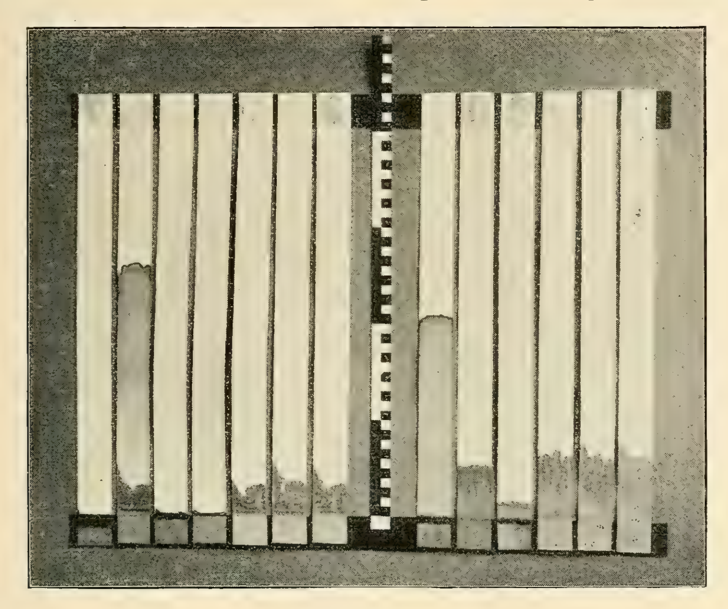
Figur 13.

Eine andere, recht heterogene Zusammenstellung von Säuren bringen die Figuren 14 und 15, unter Verwendung von Pikrinsäure, Citraconsäure, Salicylsäure, Salzsäure, Ameisensäure und Essigsäure. Auf 10 Milliäquivalent Eisenoxyd der Stammlösung kommt in Figur 14, von links an gezählt im Streifen 1 kein Zusatz, in 2—7 je 0.25 Milliäquivalent, und in 8—13 je 1 Milliäquivalent der sechs Säuren in der genannten Reihenfolge.

In Figur 15 hängt wieder links ein Kontrollstreifen, dann folgen vier Streifen mit je 4 Milliäquivalent Citraconsäure, Salzsäure, Ameisensäure und Essigsäure in 24-stündiger Kapillaranalyse, und sechs Streifen mit je 4 Milliäquivalent aller sechs Säuren in 7-stündiger Kapillaranalyse.

Wo die Säuren nicht Ausflockung bewirkt haben, ist der Anstieg bei äquivalenter Menge fast gleich und eine Beziehung

zum Dissociationsgrad nicht erkennbar. Für die Versuche sind aber im allgemeinen nur einbasische Säuren brauchbar, die ihrerseits eine kolloidale Eisenoxydlösung nicht ausflocken und einen Eisenoxydniederschlag leicht peptisieren. Bei Betrachtung der mit Pikrinsäurezusatz erhaltenen Streifen fällt die starke gegen die maximale Steighöhe sich konzentrierende Gelbfärbung auf, welche zeigt, wie unter dem Einfluss der Verdunstung eine grosse Menge Säure durch den unten angesammelten Eisenoxydniederschlag wandert. Kann nun die Säure den Niederschlag peptisieren, so schleppt sie ihn allmählich mit empor. Unterwegs wird er zum



Figur 14.

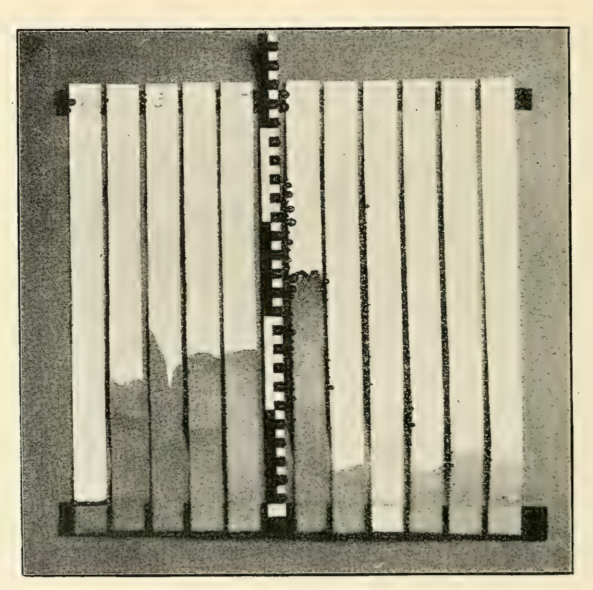
Teil in den feineren Kapillaren wieder gefällt, und so kommen die „Bäumchen" zustande, die man bei den durch Säurezusatz emporgetriebenen Niederschlägen durchweg beobachtet.

Demnach wäre die Wirkung der Säuren durch die Konkurrenz von mindestens zwei Ursachen aufzufassen, durch die Erschwerung der Fällung infolge der Erhöhung der Fällungsspannung, und durch die Peptisation eines zuerst unten sich sammelnden Niederschlags infolge des Durchsaugens der sauren, oben verdunstenden Lösung.

Vielleicht ist bei den Salz- und Säurezusätzen auch noch an das Leitvermögen zu denken. Jede Erhöhung des Leitvermögens drückt die elektromotorische Kraft der Filtration herunter gemäss

der *Helmholtz*'schen Formel, und bei genügendem Anwachsen von λ kann E schliesslich unter den kritischen Wert sinken, die Fällung also ausbleiben.

Die Erörterung des Emportreibens von Niederschlägen positiver Kolloide führt uns über zu einer weiteren Reihe von Erscheinungen. Es ist eine bekannte Tatsache, dass verdünnte Ferrisalzlösungen beim Stehen oder beim Kochen die braune Farbe des kolloidalen Eisenoxyds bekommen, indem die Hydrolyse bei genügender Verdünnung sehr weit fortschreitet, das entsprechende Oxyd aber kolloidal in Lösung bleibt. Eine derartige Lösung stellt nun

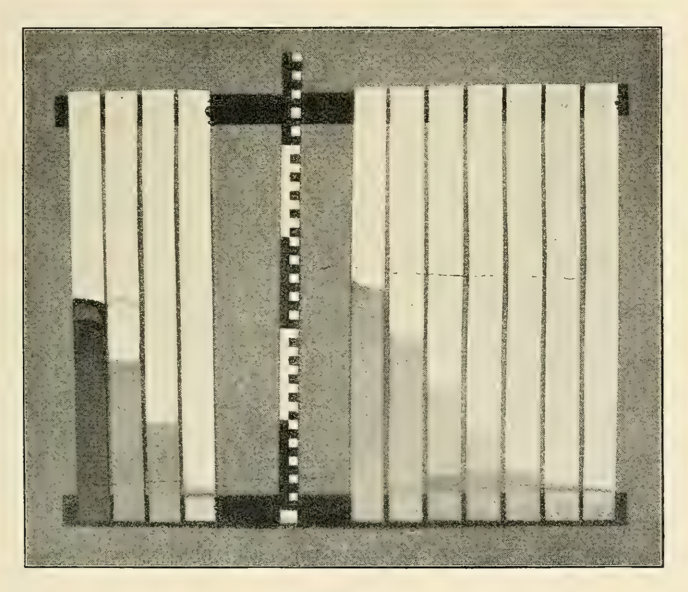


Figur 15.

ein System dar, das auf dem Papierstreifen in seine Komponenten zerlegt werden kann. In der Tat gelingt es leicht, die Gegenwart von kolloidalem Eisenoxyd durch die Fällung an der Eintauchsgrenze nachzuweisen, wie aus Figur 16 hervorgeht. Die Streifen der linken Hälfte wurden mit heissen Ferrichloridlösungen in den Konzentrationen 0.5, 0.05, 0.025, und 0.005 Prozent, die Streifen der rechten Hälfte mit Ferrinitratlösungen in den Konzentrationen $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{128}$, $\frac{1}{256}$, $\frac{1}{512}$ und $\frac{1}{1024}$-normal, die vor dem Kapillarisieren 48 Stunden bei Zimmertemperatur gestanden hatten, erhalten. Bei den höheren Konzentrationen steigt noch unzersetztes Salz bis oben. Bei fortschreitender Verdünnung aber bekommt man, neben einer hellbraunen, vielleicht einem basischen Salz ent-

sprechenden Zone, immer schärfer ausgeprägt nahe an der Eintauchsgrenze die dunkle Fällung des kolloidalen Eisenoxyds, das durch die hydrolytisch freigewordene Säure umsoweniger emporgetrieben wird, je verdünnter die Lösung war.

Sehr hübsche „Hydrolysentreppen" lassen sich mit Rutheniumchloridlösungen erzielen. Figur 17 enthält links die Ergebnisse einer 48 stündigen, rechts diejenigen einer anderthalbstündigen Kapillaranalyse von je sechs Lösungen in den Konzentrationen von $\frac{1}{16.6}$ bis $\frac{1}{531.2}$-normal, wobei wieder die oberste dunkle Zone von unzersetztem Salz, die mittlere hellere Zone bei basischem Salz



Figur 16.

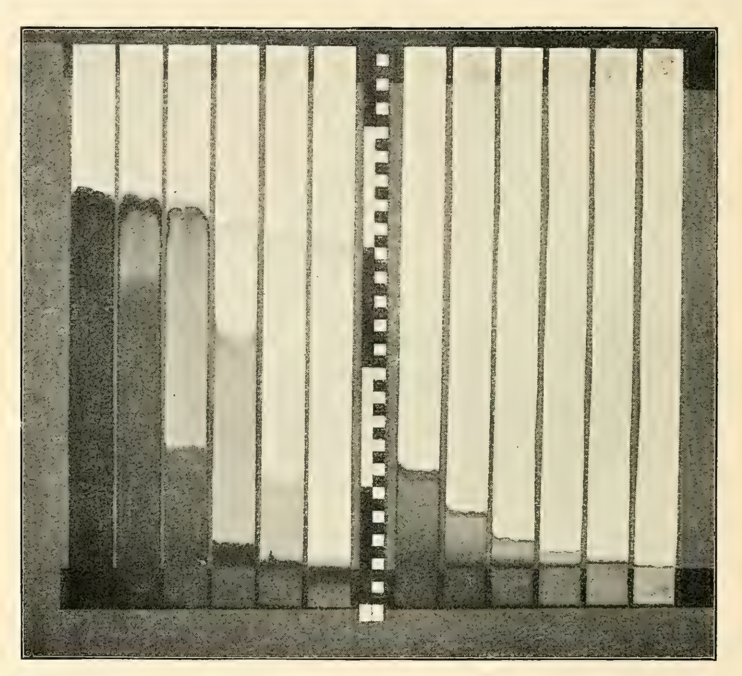
und die unterste dunkle Zone von gefälltem kolloidalem Hydroxyd sehr hübsch hervortreten.

Der kapillare Anstieg von Farbstofflösungen ist schon von *Fr. Goppelsroeder* in den mannigfachsten Variationen und nach den verschiedensten Richtungen studiert worden. In neuester Zeit hat Herr Professor *L. Pelet-Jolivet* im Verlauf seiner interessanten Arbeiten über die Theorie des Färbevorganges von neuen Gesichtspunkten aus den kapillaren Aufstieg von Farbstofflösungen untersucht und gemessen[18]). Es ist nicht unsere Aufgabe, im Rahmen dieser den anorganischen Kolloiden gewidmeten Arbeit auf

---

[18]) Ausser den zahlreichen Publikationen siehe darüber „Die Theorie des Färbeprozesses", von *L. Pelet-Jolivet*, Dresden 1910, S. 120—134.

das Gebiet der Farbstoffe überzugreifen. Doch möchten wir auf Grund unserer Ergebnisse die Ansicht aussprechen, dass der kapillare Anstieg basischer Farbstoffe den von uns beobachteten Erscheinungen fast Punkt für Punkt entspricht und also durch die kolloidale Natur der Farbbasen erklärt werden kann. Betrachten wir die Lösung eines basischen Farbstoffes, z. B. Nachtblau, als ein System ähnlich der Lösung eines Ferrisalzes, in welchem durch Hydrolyse eine Base vom Charakter eines positiven Kolloids entstehen kann, so ist vorauszusehen, dass bei zunehmender Verdün-

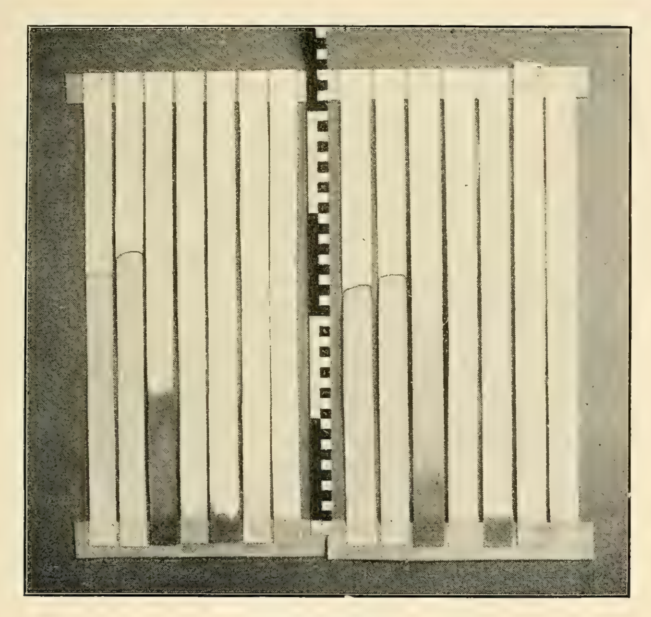


Figur 17.

nung der Lösung durch Kapillarisieren „Hydrolysentreppen" erhalten werden. In diesem Sinne möchten wir die von *L. Pelet* beobachtete regelmässige Abhängigkeit der Steighöhe von der Konzentration bei den basischen Farbstoffen deuten. Geht man mit der Verdünnung weiter herunter (er hat als grösste Verdünnung 1 Promille gewählt, wir sind bis auf 0.025 Millimol gegangen, was bei Nachtblau rund 0.02 Promille entspricht), so bekommt man selbst bei 24 stündiger Kapillaranalyse nur noch ganz geringe Steighöhen. In Figur 18 hängen links sieben Streifen mit den 0.025 millimolaren Lösungen von Reinblau, Eosin, Kongorot, Benzopur-

purin, Nachtblau, Kristallviolett und Methylenblau,[19]) rechts sieben Streifen mit dialysierten Lösungen nicht bestimmter aber ebenfalls geringer Konzentration der genannten Farbstoffe in derselben Reihenfolge. Die sauren Farbstoffe zeigen dieselbe Steighöhe wie Wasser, auch die direkten Farbstoffe schliessen sich nach der Dialyse den sauren Farbstoffen völlig an; die basischen Farbstoffe werden genau wie positive anorganische Kolloide an der Eintauchsgrenze gefällt.

Die Analogie geht noch weiter. Man kann beispielsweise mit Nachtblau in engen gläsernen Kapillaren bei mikroskopischer Be-



Figur 18.

obachtung die Fällung durch kapillaren Anstieg genau wie bei einer kolloidalen Eisenoxydlösung verfolgen. Es will uns darum scheinen, dass die Steighöhe basischer Farbstoffe bei der Kapillaranalyse im wesentlichen von der kolloidalen Natur der Farbbasen abhängt.[20])

[19]) Wir verdanken die reinen Farbstoffe der Liebenswürdigkeit der *Gesellschaft für chemische Industrie* in Basel.

[20]) In dieser Weise erklären sich auch die von *Tswett*, Berichte der deutschen botan. Ges. *24*, 384 (1906), von *F. K. Cameron* und *J. M. Bell*, Kolloidzeitschrift III, 237, 241 (1908) und von *W. P. Dreaper* und *W. A. Davis*, Chemiker-Zeitung *33*, 613 (1909) beobachteten Fällungen („Desolution") basischer Farbstoffe in Säulen aus pulvrigem Material, Calciumcarbonat, Ackererde, Sand etc.

Zusammenfassung.

1. Bei der Kapillaranalyse werden positive Kolloide im Papierstreifen an der Eintauchsgrenze gefällt. Der Versuch gelingt mit genügend dicken, nicht mit Säure gewaschenen Papieren an der Luft, mit dünnen Papieren nur unter Ausschluss der Verdunstung. Negative Kolloide steigen ungefällt mit dem Wasser empor.
2. Die Fällung positiver Kolloide tritt in Glaskapillaren (Jenenser Glas) bei einem Maximaldurchmesser von 0.15 mm und darunter regelmässig ein und ist der mikroskopischen Beobachtung zugänglich.
3. Die Fällung ist eine Folge der beim Aufstieg der Lösung in den Kapillaren erzeugten elektromotorischen Kraft der Filtration, die ihrerseits dem hydrostatischen Druck, also der Steighöhe, direkt proportional ist. Sie erzeugt eine negative Ladung der Kapillarenwandung und flockt die positiv geladenen Kolloidteilchen aus.
4. Die ungenügende Fällung nicht fertig dialysierter Lösungen positiver Kolloide ist auf den Einfluss der hydrolytisch freigewordenen Säure zurückzuführen.
5. Die Säuren wirken einerseits durch Erhöhung der „Fällungsspannung“, andrerseits durch Peptisation von bereits gefälltem Niederschlag.
6. Verdünnte, mehr oder weniger hydrolysierte Salzlösungen werden auf dem Kapillarstreifen zerlegt in unzersetztes nach oben wanderndes Salz und kolloidales, unten ausfallendes Hydroxyd. Bei steigender Verdünnung bekommt man immer geringeren Anstieg („Hydrolysentreppen“).
7. Die Lösungen basischer Farbstoffe verhalten sich vollkommen analog.
8. Die beschriebenen Erscheinungen lassen sich verwenden zur Untersuchung des Verlaufs der Dialyse positiver Kolloide, zur Untersuchung von Papieren, und zur Untersuchung des Hydrolysengrades von Salzlösungen.

Basel, im April 1910.

Eingegangen 2. Mai 1910.

Chemische Untersuchung einiger Bronze- und Eisenfunde der La Tène-Zeit.

Von

Hans Rupe.

Die nachfolgend mitgeteilten Untersuchungen, welche gemeinsam mit Herrn *Krzyzankiewicz*[1]) ausgeführt wurden, schliessen sich an eine kleine Arbeit an, welche schon vor einiger Zeit in den Verhandlungen der Basler Naturforschenden Gesellschaft veröffentlicht worden ist.[2])

Aus vereinzelten, zusammenhanglosen Analysen prähistorischer Gegenstände lässt sich natürlich nur wenig ableiten. Werden jedoch die Funde einer bestimmten, genau begrenzten Kulturepoche systematisch so weitgehend als möglich untersucht, so wird es auch möglich sein, verschiedene Fragen mit Hilfe der Analyse zu beantworten oder doch der Antwort nahe zu bringen.

Solche Fragen sind z. B.: Lassen sich aus den Analysen Schlüsse ziehen über die Technik der Metallgewinnung sowohl als der Metallverarbeitung zu einer bestimmten Zeit? Sind Fortschritte festzustellen gegenüber der Technik einer früheren Epoche? Ferner: Können die Analysen Aufschluss geben über die Herkunft der Gegenstände, ob sie im Fundlande selbst angefertigt wurden oder ob sie Importware vorstellen? Und wenn das letztere der Fall war, woher kamen sie?

Gelänge es jedesmal, diese Fragen mit Sicherheit zu beantworten, dann könnte der Chemiker dem Prähistoriker schätzbare Dienste leisten.

Die von uns untersuchten Bronzen und Eisen gehören der sog. *La Tène-Zeit* an. Sie hat ihren Namen von der kleinen Ortschaft La Tène am Neuenburgersee (bei St. Blaise), wo zuerst nam-

---

[1]) *St. Krzyzankiewicz:* Chemische Untersuchung schweizer. Bronzefunde der La Tène-Zeit. Untersuchung vorgeschichtlicher Eisenfunde. Dissertation Basel 1909. Posen, Verlagsbuchdruckerei Winiewicz.

[2]) Verhandlungen der naturforschenden Gesellsch. in Basel. XVIII. I.

hafte Funde aus dieser Kulturepoche gemacht wurden. Diese beginnt ungefähr ums Jahr 400 v. Chr. und endigt im Jahre 58 oder 50 vor unserer Zeitrechnung. Man teilt sie in drei Perioden ein, die erste, die Früh-La Tène-Zeit, hat noch viele Berührungspunkte mit der vorhergehenden Hallstadt-Zeit gemeinsam. Das Ende der letzten Periode bildet den Uebergang in die römische Kultur.

Die von uns analysierten Bronze- und Eisengegenstände stammen zum grössten Teile aus den Gräbern des *Tessins;* besonders die Gegend um *Bellinzona* und das *Misox* ist oder war ein ergiebiges Feld für Funde aus der La Tène-Zeit, hauptsächlich der früheren Periode. Wir erhielten die Stücke aus dem *Landesmuseum in Zürich,* und wir ergreifen auch hier die Gelegenheit, Herrn Dr. *Viollier* unseren besten Dank auszusprechen für sein freundliches Entgegenkommen und die grosse Liberalität, mit der er uns alles, was er irgend entbehren konnte, zur Verfügung stellte. Die meisten dieser Funde waren sehr gut erhalten und konnten ohne weiteres analysiert werden.

Ferner sind wir Herrn *Dr. Wiedmer,* Direktor des *Berner historischen Museums* zu Danke verpflichtet, von ihm erhielten wir eine Anzahl Funde aus den der La Tène-Zeit angehörenden Gräberfeldern von *Münsingen* und *Tiefenau* im Kanton Bern.[3]) Leider waren diese Berner Funde nicht alle so gut erhalten, wie die aus dem Tessin.

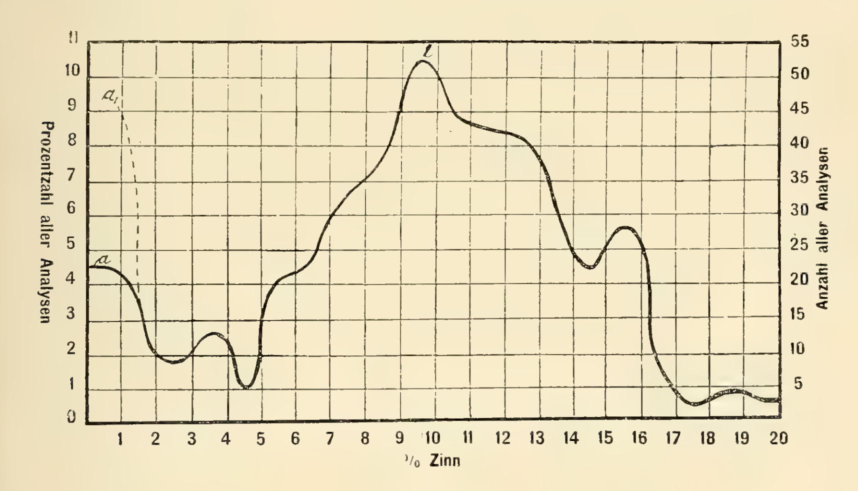
Bronzen der La Tène-Zeit.

Was jedem beim Durchsehen von Analysen der Bronzen aus prähistorischen Zeiten (und wohl auch der Antike?) sogleich auffällt, ist der Umstand, dass nur selten eine Bronze die gleiche Zusammensetzung hat wie eine andere. Ja, es kann direkt als ein Zufall betrachtet werden, wenn einmal zwei Funde aus derselben Gegend annähernd gleich zusammengesetzt sind. Es wurde eben zur Prähistorie niemals fabrikmässig gearbeitet, auch wurde möglicherweise für jeden Gegenstand eine besondere Gussform angefertigt.

Was nun die Zusammensetzung der Bronzen betrifft, so scheint diese eine ganz willkürliche zu sein, wenigstens bei oberflächlicher Betrachtung. War dies aber wirklich der Fall, oder gab man gewissen Mischungen den Vorzug? Herr *Krzyzankiewicz* hat aus mehreren Hundert Analysen das Mischungsverhältnis von Kupfer

[3]) Vergl. *J. Wiedmer-Stern:* Das gallische Gräberfeld bei Münsingen. Bern 1908. Verlag Gustav Grunau.

und Zinn zusammengestellt. Auf der Zeichnung, Figur 1, woselbst auf die Abscisse die Prozente Zinn, auf die Ordinate die Anzahl der Gegenstände von gleichem Zinngehalte in Prozenten aufgetragen sind, sieht man: Die Anzahl der Bronzen, welche die gleiche Zusammensetzung im Kupfer- und Zinngehalte aufweisen, beträgt im Maximum 11%. Und zwar findet man in diesen Bronzen das Verhältnis von (rund) 90% Kupfer auf 10% Zinn, alle anderen Legierungen erreichen diese Prozentzahl nicht. In der Tat ist das diejenige Mischung, in welcher die Legierung ihre besten Eigenschaften zeigt: hart, fest, zähe, gut zu giessen und in der Rotglut gut zu schmieden. *Plinius*[4]) bezeichnete diese Bronze als Kampanisches Erz, es wurde von den Phöniziern gebrauchsfertig



Figur 1.

in den Handel gebracht. Unter den von uns untersuchten Stücken hat N. 17 genau diese Zusammensetzung (vergl. Tabelle der Bronze-Analysen auf Seite 28/29); ferner gehören wahrscheinlich die Stücke Analyse Nr. 2, 15, 18, in diese Rubrik. Man muss immer berücksichtigen, dass die in *kleiner* Menge vorhandenen Metalle: Eisen und Blei, als Verunreinigungen des Kupfers zu betrachten und auf das Konto der Kupfer-Prozente zu rechnen sind. Man wird deshalb keinen grossen Irrtum begehen, wenn man alle prähistorischen (und wohl auch antiken) Bronzen, deren Zinngehalt zwischen 9 und 11% und deren Kupfergehalt zwischen ca. 88 und 92% liegt, hierzu rechnet. Die Gesamtmenge der analysierten

---

[4]) *Plinius*, historia naturalis XXXIV. 9.

Nr.	Gegenstand	%	Cu	Sn	Pb	Fe	As	Sb	Ni	Co	Ag	Zn
1.	Bodenstück eines Bronzeeimers	Giubiasco, Grab Nr. 29	92,13	5,94	1,05	0,41	—	—	0,42	—	—	—
2.	Seitenwand " "		84,56	10,59	3,48	0,21	—	—	0,89	—	—	—
3.	Draht um den obern Rand des Eimers		2,30	0,18	97,40	0,12	—	—	—	—	—	—
4.	Niete zur Verbindung des Bodenstückes mit den Seitenwänden des Eimers		90,66	4,21	1,30		wurde nicht durchanalysiert					
5.	Bruchstück eines Armringes. Castione, Grab Nr. 27		90,78	7,60	0,17	1,06	Spur	—	—	—	—	—
6.	Spiralförmig gewundener dicker Draht einer Fibel. Giubiasco, Grab Nr. 322. stark korrodiert		83,96	1,08	0,29	1,40	—	—	—	—	—	13,27
7.	Massiv gegossener Ring. Giubiasco		87,58	12,19	0,07	0,16	—	—	—	—	—	—
8.	Massiver halbrunder Ring, mit Disken verziert, von einer Fibel	Bestandteile einer Fibel, Giubiasco, Grab Nr. 179	67,24	3,83	26,34	1,71	—	—	—	—	0,21	—
9.	Eichelförmiges Zapfenstück der Fibel, in das der Ring von Nr. 8 passte		78,82	3,39	15,34	1,76	—	—	—	—	0,69	—
10.	Bügel der Fibel, bläulich patiniert		67,40	11,23	17,81	1,69	0,52 bis 2,77	—	—	—	0,57	—
11.	Niete, die den Dorn mit dem Bügel verband		82,92	3,60	5,67	5,36	wurde nicht durchanalysiert					
12.	Dorn der Fibel		90,99	4,17	2,00	0,26	—	—	1,66	—	—	—
13.	Niete, mit der das Windloch verschlossen war		90,66	4,21	1,30		nicht durchanalysiert					
14.	Bruchstück eines massiv gegossenen Fibelbogens mit dunkelgrüner Patina. Cerinasco, Nr. 88		84,96	12,27	0,25	1,35	—	—	—	—	—	—
15.	Bruchstück eines Ohrschmuckes, drahtförmig blau emailliert. Giubiasco, Nr. 302		87,89	9,57	1,89	0,63	—	—	—	—	—	—
16.	Bruchstück eines hohlgegossenen Armringes. Tiefenau		85,62	14,15	Spur	0,07	—	—	—	—	—	—
17.	Rundes Scheibchen mit einem Loch in der Mitte, durch das eine eiserne Niete ging. Tiefenau		90,06	9,62	—	Spur	—	—	—	—	—	—

18.	Bruchstücke eines Fussringes. Münsingen	88,13	8,09	3,64	0.08	—	—	—	0,06	—	—
19.	Bruchstücke hohler, patinierter Fussringe Münsingen, Nr. 121	92,13	6,36	0,70	0.70	—	—	—	0,10	—	—
20.	Fragmente von Fussringen, Form nicht mehr erkennbar. Münsingen Nr. 82	74,27	24,88	0,52	0,29	—	—	—	0,03	—	—
21.	Hohlgeschmiedete Fussringe, ganz patiniert, ursprünglich mit Buckeln versehen. Münsingen, Nr. 68	88,95	8,24	0,80	1,87	—	—	—	0,14	—	—
22.	Gürtelkette, von unkennbarer Form, mit Knochensplittern durchsetzt. Münsingen, Nr. 168	66,28	9,34	22,69	1,51	—	—	—	0,18	—	—
23.	Fussringe, dunkelgrüne Patina, mit Holzsplittern durchsetzt. Münsingen, Nr. 135	83,89	15,58	0,12	0,39	—	—	—	0,02	—	—

Bemerkungen zu den Bronze-Analysen.

Die quantitative Analyse der Bronzen wurde nach den gebräuchlichen Verfahren ausgeführt (Einzelheiten findet man in der Dissertation des Herrn Krzyzankiewicz), es sei hier nur erwähnt, dass Kupfer nnd Blei, wo es anging, zusammen elektrolytisch abgeschieden wurden.

Von einigen Stücken war nicht genügend Material vorhanden, als dass sie ganz durchanalysiert werden konnten, das gilt für die Analysen No. 4, 11, 13. In einigen Fällen gelang es, stark korrodierte und patinierte Bronzen durch elektrolytische Reduktion zum Metall zu reduzieren, so z. B. das Stück der Analyse No. 3.

Bemerkenswert ist noch, dass beim Auflösen der Bronze No. 8 ein Stückchen Holzkohle zum Vorschein kam; als die etwa 1 bis 1,5 mm dicken Blechstücke des Fibelbügels, Analyse No. 10, nach dem Abwaschen zum Trocknen auf eine geheizte Asbestplatte gelegt wurden, schwitzte die Bronze kleine Zinnkügelchen aus. Der Guss dieses Stückes muss ein sehr unhomogener gewesen sein, denn seine Zusammensetzung wechselte stark in den verschiedenen Stellen. Die Gegenstände der Analysen No. 18—23 waren alle stark korrodiert und angegriffen; um einigermassen übersichtliche Zahlen zu erhalten, wurden deshalb alle Analysen auf 100 umgerechnet, wie das in solchen Fällen immer getan wird. Der oft sehr geringe Kupfergehalt, wie z. B. bei No. 20, im Vergleiche zur gefundenen Zinnmenge, ist jedenfalls dadurch zu erklären, dass ein Teil des Kupfers in Lösung gegangen ist, vermutlich als Chlorid, während sich das Zinn als widerstandsfähiger erwies. Dies ist oft bei ägyptischen Bronzen beobachtet worden, die in chlornatriumhaltigem Boden gelegen hatten.

Die Münsinger Funde enthalten alle etwas Kobalt; dies deutet darauf hin, dass das Material aus derselben Quelle stammte.

Gegenstände, in welchen das Verhältnis von Kupfer zu Zinn von 90 zu 10 sich findet, beträgt dann ungefähr $30^0/_0$.

Ob die übrigen Kompositionen, welche mehr oder weniger Zinn enthalten, zufällige oder beabsichtigte sind, wird sich nicht mit Sicherheit feststellen lassen, doch neige ich mich der letzteren Ansicht zu. Es wird den alten Giessern wohl bekannt gewesen sein, dass die Eigenschaften der Bronze sehr vom Zinngehalt abhängig sind. Die Mischungen mit $5^0/_0$ und weniger sind weicher und leichter zu bearbeiten; steigt der Zinngehalt über $15^0/_0$, so wird die Legierung härter, von $30^0/_0$ Zinn an wird die Bronze so hart, dass sie nur schwierig mit der Feile zu bearbeiten ist.[5])

Etwas anderes ist es mit den Bronzen, die nur $1{,}5^0/_0$ und weniger Zinn enthalten. Diese sind recht häufig, nach unserer Statistik gehören ihr $5^0/_0$ der Funde an. Schon in meiner früheren Mitteilung erörterte ich diese Frage, da wir damals schon eine so zinnarme Bronze angetroffen hatten, auch hat man sich von anderer Seite mit dieser Angelegenheit befasst.[6]) Zu meiner damals geäusserten Ansicht: die sehr zinnarmen Bronzen seien gar nicht als Bronzen aufzufassen, sondern als Kupfergegenstände, zu denen zinnhaltiges Kupfererz benützt worden sei, möchte ich auch heute noch stehen, ohne weiter auf diese Sache hier wieder einzugehen. Wir fanden diesmal nur ein hieher zu rechnendes Stück, die Bronze-Analyse Nr. 6, und ich möchte dieses als Beweis für meine Ansicht vorschieben. Denn hier begegnen wir zum erstenmale einer *Zinklegierung*, an Stelle des Zinns tritt hier das Zink. Dieses Metall jedoch war den prähistorischen Metallarbeitern nicht bekannt,[7]) erst gegen das Ende der römischen Republik und zur Kaiserzeit wurde es, nach der Besetzung Englands, von den Römern von dort exportiert. Wir behaupten deswegen auf Grund dieser Analyse, nach der das Stück gar keine Bronze sondern Messing ist: es gehört nicht mehr der prähistorischen, sondern der Römerzeit an. Interessant ist nun die Angabe des Landesmuseums über diesen

---

5) Vergl. *Beck*, Geschichte des Eisens. B. I. 47. 1884.

6) Vergl. Katalog über die Bronze-Sammlung des Britischen Museums. S. 6. (London 1904.)

7) Eine Bemerkung von *Aristoteles* lässt darauf schliessen, dass gelegentlich schon *Messing* erhalten wurde durch Verschmelzen von Kupfer mit Zinkoxyd. Doch ist dies sehr unsicher. Erst *Dioskorides* (in der materia medica) und *Plinius* kennen sicher das Zinkoxyd und seine Verwendung zur Darstellung von Messing, sie nennen es *καδμεία* oder cadmia. Plinius bezeichnet Messing bereits als aurichaleum. Das Wort *Zink* kommt zum erstenmale bei *Basilius Valentinus* (15. Jahrh.) vor. (Vergl. auch: Kopp, Geschichte der Chemie, IV. 113.)

Fund: *Galloromanisches Grab* von *Giubiasco,* aus der Zeit vom Jahre 50 vor Chr. Dies ist aber gerade der Zeitpunkt, in welchen allgemein das Ende der La Tène-Periode und der Anfang der römischen Kultur in unseren Gegenden verlegt wird.

Es ist aber vollkommen klar, dass wenn jemand Messing darstellen, d. h. Zinn durch das billigere Zink ersetzen wollte, die absichtliche Zugabe von $1^0/_0$ Sn für ihn keinen Zweck haben konnte, sondern es wurde eben zinnhaltiges Kupfer verbraucht.

Interessant ist auch in manchen Fällen der *Bleigehalt.* Wenn dieser 1—$2^0/_0$ nicht übersteigt, so ist der Zusatz nicht als ein absichtlicher zu bezeichnen, denn Bleiglanz und dergl. begleitet sehr häufig die Kupfererze. Beträgt er dagegen mehr, so ist das Blei absichtlich zugesetzt. Das mag hin und wieder geschehen sein, um eine möglichst weiche Bronze, die sich leicht mit der Feile oder dem Grabstichel bearbeiten lässt, zu erzielen; häufig aber haben wir es zweifellos mit einer bewussten Verschlechterung, mit einer prähistorischen Fälschung zu tun. Man wollte einfach an dem teuren Zinn sparen, denn Blei war schon im grauen Altertume billig und leicht zu beschaffen. Das ist sicher der Fall bei den Bestandteilen einer Fibel, Analysen Nr. 8 und 9 und 10. Schwer zu verstehen ist die Zusammensetzung der Gürtelkette, Analyse Nr. 22 (aus *Münsingen),* denn hier wollte man nicht Zinn, sondern Kupfer sparen, es ist dies ein sehr vereinzelter Fall. Analyse Nr. 3 zeigt uns, wie ein Draht, der um den oberen Rand eines Bronzeeimers geschlungen war (Giubiasco), aus reinem Blei besteht, die kleine Menge Kupfer rührt von dem Bronzeblech selbst her, mit dem er fest verbunden war. Dieser sehr seltene Fall ist jedenfalls auf eine spätere Reparatur zurückzuführen, ursprünglich befand sich dort jedenfalls ein Bronze- oder ein Eisendraht, denn nur ein starker, widerstandsfähiger Draht konnte hier dem Zwecke genügen, das dünne Bronzeblech des Eimers vor dem Verbiegen und Zusammendrücken zu bewahren, wenn das Gefäss im gefüllten Zustande getragen wurde.

Interessant ist, dass unter den in *Velem St. Veit* (in Ungarn) gemachten Ausgrabungen, die vornehmlich der dritten, letzten La Tène-Periode angehören, viele Bronzegegenstände gefunden wurden, in welchen an Stelle von Zinn *Antimon* gebraucht worden ist.[8]) Es finden sich nämlich gerade dort ausgedehnte Antimonlager, und die glückliche Benutzung dieses dem Zinn in seinem chemischen

---

[8]) Archiv für Anthropologie 1904. B. II. 41. 1905. B. III. 233. Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. 1900. 359.

Charakter vielfach ähnlichen Elementes machte die Bewohner Ungarns in der späteren La Tène-Zeit vom ausländischen Bronze- oder Zinn-Import unabhängig.

Unter den berühmten *Hallstadt*funden (die einer prähistorischen Periode angehören, welche La Tène zeitlich gerade vorausgeht, ja sich vielfach mit ihr berührt), sollen Bronzen gefunden worden sein, in denen das Zinn mehr oder weniger vollständig durch Nickel ersetzt ist.[9])

Um noch kurz auf zwei der von uns untersuchten Gegenstände zurückzukommen, möchte ich folgendes darüber bemerken:

Wir erhielten aus dem Landesmuseum ziemlich grosse Bruchstücke eines *Bronzeeimers,* einer *„situla“* (aus einem Grabe von *Giubiasco),* wie sie für die Früh-La Tène- und die Hallstadt-Periode so charakteristisch sind. Das sehr dick und solide gegossene Bodenstück (Analyse Nr. 1) (unterer Durchmesser = 11 cm), war mit Hilfe von 11 Nieten mit der Seitenwand verbunden, oder besser mit den Seitenwänden. Diese waren aus sehr dünnem Bleche angefertigt (Analyse Nr. 2); ursprünglich mag das Blech aus einem oder nur wenigen Stücken bestanden haben, im Laufe der Zeit aber wurden diese wertvollen Gegenstände immer und immer wieder geflickt, indem man auf die Löcher neue Stücke aufnietete. Man kann das sehr schön an den zahlreichen derartigen Eimern des Landesmuseums sehen, von denen einige Seitenwände haben, die nur noch aus Flicken bestehen. (Analyse Nr. 4 einer Niete.) Die Nieten standen aussen etwa 1 mm hervor, waren im Inneren aber sorgfältig abgeklopft. Gerade umgekehrt waren die Nieten bei den Hallstadt-Gefässen bearbeitet.[10]) Der obere Rand war wie üblich umgebogen, gewöhnlich befand sich dort zur Verstärkung ein dicker Bronze- oder Eisendraht, hier aber ein Bleidraht, der natürlich seinen Zweck gar nicht erfüllen konnte (Analyse 3). Ferner eine merkwürdige *Fibel.*[11])

Sie kommt ebenfalls aus einem Grabe bei *Giubiasco* und gehört dem etruskischen Früh-La Tène an. Sie bildete den charakteristischen beiderseits zugespitzten Bügel, der in der Mitte schotenförmig ausgebaucht ist. An dem einen Ende befindet sich der Dorn, der durch Umdrehen zu drei Windungen federnd gemacht wurde.

---

[9]) *Beck,* Geschichte des Eisens. B. I. 626. (1884.)

[10]) *Sacken,* das Grabfeld von Hallstadt, Wien 1868.

[11]) Die Fibeln vertraten die Stelle unserer heutigen „Sicherheitsnadeln“, waren aber zugleich Schmuckstücke. Sie waren der Mode unterworfen und ihre Form veränderte sich z. B. sehr wesentlich von Anfang bis zum Ende der La Tène-Zeit.

Er endigte in die etwas gewölbte Nut. Der Bügel war mit sehr leicht eingravierten, in Schneckenlinien verlaufenden Linien verziert.

Die Fibel war schwer; wir vermuteten, sie sei ganz oder wenigstens teilweise massiv. Als sie in einen Schraubstock gespannt wurde, da mit Hilfe einer Laubsäge ein feines Stück heraus gesägt werden sollte, zersprang sie, so spröde war das minderwertige bleihaltige Material geworden (Analyse 10); die wechselnde Zusammensetzung zeigt den unhomogenen Guss an. Die dünne Hülle war mit einem feinen, orangegelben Tone gefüllt. Quer durch den Bügel gingen einige Nieten, die Nietköpfe waren so geschickt verhämmert, dass man sie von aussen kaum wahrnehmen konnte. Es konnte ferner ein durch das ganze Innere verlaufendes Windloch (durch das beim Giessen die Gase entweichen) gefunden werden, seine beiden Mündungen aber waren sehr sorgfältig mit zwei kleinen Nägeln verschlossen.

Analyse Nr. 11: Niete, die den Dorn mit dem Bügel verband,
„ Nr. 12: der Dorn,
„ Nr. 13: ein Nagel, der das Windloch verschloss.

Eisen der La Tène-Zeit.

Untersuchungen von prähistorischem Eisen gibt es noch sehr wenige. Der Grund ist leicht zu verstehen: Eisen wird eben von Luft, Wasser und Salzlösungen ungleich rascher zerstört, als die Bronzen oder das Kupfer. Es ist deshalb jedesmal einem glücklichen Zufall zu verdanken, wenn Eisenstücke aus der Urzeit dieses Metalles unversehrt zu uns gelangt sind. Erfreulicherweise konnten wir aus dem *Züricher Landesmuseum* einige ganz vorzüglich erhaltene Eisenproben der La Tène-Zeit erhalten, drei der analysierten Eisen stammen aus dem *Museum in Bern.* — Bei der chemischen Untersuchung des Eisens handelt es sich in diesem Falle lediglich darum, die wichtigsten Fremdelemente zu bestimmen, die ihm beigemengt sind und seinen Charakter bedingen, das sind: *Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor,* und *Silicium.* Kohlenstoff ist das wichtigste, da es die Härte, Schmied- und Schweissbarkeit bedingt. Ein grösserer *Silicium*-Gehalt härtet das Eisen. Grosse Schädlinge sind *Schwefel* und *Phosphor. Schwefel* macht das Eisen rotbrüchig, Phosphor dagegen kaltbrüchig.

Die Analysen wurden nach den bewährten Methoden der deutschen Eisenhütten ausgeführt.[12])

[12]) Ledebur, Leitfaden für Eisenhütten-Laboratorien. 8. Aufl. 1908.

Analyse Nr.	Gegenstand	% S	% P	% Si	% C [13]
1	Sichel	0,0090	0,149	0,033	0,150 0,446 0,724
2	Sichel	wurde nicht bestimmt	0,038	0,038	0,183 0,198 0,206
3	Blechstücke . .	0,018	0,015	0,042	0,156 0,140 0,166
4	Henkelring . .	0,005	0,022	0,065	0,149 0,224 0,349
5	Draht	0,094	0,037	0,168	wurde nicht bestimmt
6	Armring . . .	0,011	0,117	0,021	0,060 0,063 0,066
7	Nagel	0,014	0,300	0,031	0,070 0,137 0,369
8	Nagel	0,013	0,157	0,037	0,119 0,331 0,550
9	Draht	0,012	0,057	0,08	0,14 0,28

Nr. 1. Sehr gut erhaltene *Sichel* (aus dem Tessin, Landesmuseum). Besonders hoch ist der C-Gehalt, der bis 0,6 % geht, d. h. bis zu der im weichen Stahl vorhandenen Menge. In der Tat hat die Sichel teilweise Stahlcharakter angenommen (weiteres bei den Aetzfiguren). Der C-Gehalt schwankt wie man sieht innerhalb grosser Grenzen, alle diese prähistorischen Eisen sind eben wegen

[13]) Der Kohlenstoffgehalt wurde an drei Proben ermittelt, welche an verschiedenen Stellen des Fundstückes genommen wurden. Die oft sehr von einander abweichenden C-Mengen zeigen, wie unhomogen das Material in den meisten Fällen war. Nr. 3 und Nr. 6 machen eine Ausnahme.

ihrer primitiven Herstellungsweise sehr unhomogen. Der Gehalt an Schwefel ist sehr gering, der an Phosphor dagegen etwas hoch.

Nr. 2. Fragment einer fast ganz verrosteten Sichel aus einem Grabe von *Giubiasco* (gehört möglicherweise in die spätere La Tène-Zeit). Es konnte nur ein kleiner metallischer Kern herausgeschält werden.

Nr. 3. Blechstücke. Bezeichnet als Fragmente einer „Ciste".[14]) Eine nähere Untersuchung machte es dagegen nicht unwahrscheinlich, dass das Material nicht von einem solchen Gefässe stammte (es fehlten die Nietlöcher, zwei aneinander grenzende Seiten waren zusammengeschweisst), sondern es schien vielmehr ein Stück eines *Brustharnisches* zu sein, wie solche bei den Etruskern z. B. allgemein getragen wurden. Zum Teil waren zwei Bleche durch Schweissung aufeinander befestigt. Wie der ziemlich gleichmässige C-Gehalt zeigt, muss das Eisen durch vieles Aushämmeren homogen gemacht worden sein, das Material ist rein und weich.

Nr. 4. Henkelring einer „*Ciste*". Ausgezeichnet erhalten, nur mit einer dünnen Schicht von schwarzem Oxyduloxyd überzogen. Sehr reines Eisen, aber sehr unhomogen, hoher *Silicium*-Gehalt.

Nr. 5. Dicker Draht, um den oberen Rand eines Eimers geschlungen *(Cerinaska)*, zeigte beim Zersägen einen Riss. Eine C-Bestimmung konnte leider aus Materialmangel nicht ausgeführt werden. Sehr reines Eisen.

Nr. 6. Dicker Draht, augenscheinlich Bruchstück eines Armringes; Fundort: *Tiefenau* bei Bern. Wie der geringe C-Gehalt beweist, ein sehr weiches Eisen, aber ziemlich phosphorhaltig.

Nr. 7. Ein ausgezeichnet erhaltener Nagel vom *Mont Terri* bei *Cornol*, aus der oberen gallisch-römischen Fundschicht. Unhomogen und viel Phosphor enthaltend.

Nr. 8. Ebenfalls ein Nagel aus *Tiefenau* bei Bern.

Will man nun versuchen, an der Hand dieser Analysen Schlüsse zu ziehen auf Herkunft, Alter und Technik dieser Eisen, so ist darüber folgendes zu bemerken:

In meiner schon erwähnten früheren Mitteilung berichtete ich auch über eine mit Herrn *Hjalmar Braune*, einem schwedischen Eisenhütteningenieur, ausgeführte Untersuchung eines prähistorischen Eisens der La Tène-Zeit. (Draht von einer *situla* (Bronzeeimer) aus *Castaneda*.) Es ist dies Analyse Nr. 9; nach ihr lag ein sehr reines Eisen vor, fast frei von Schwefel. Wir kamen damals zu der Ansicht, das Erz, von dem dieses Eisen stammte, könne nicht

---

[14]) Cisten, kübelartige Gefässe, die Seitenwand oft wellblechartig geformt.

im Lande selbst gefunden und verhüttet worden sein, da so reine Erze hier nicht vorkommen. Denn bei dem primitiven Schmelzverfahren jener Zeit wäre es ganz unmöglich gewesen, das Metall schwefelfrei zu erhalten; der stets in den Erzen vorhandene Schwefel wäre bei der niedrigen Temperatur der Schmelze niemals vollständig in die Schlacke übergegangen, sondern zum Teil im Eisen zurückgeblieben.

Wir stellten damals fest, dass für dieses Eisen aus *Castaneda* nur *toskanische,* speziell *Elbaner Erze* in Betracht kommen, da nur dort Erze von solcher Reinheit — sie sind fast vollkommen frei von Schwefel und Phosphor — gefunden werden. Das Eisen wäre also aus *etruskischen* Werkstätten gekommen, denn die *Etrusker,* die vorzüglichsten Schmiede und Metallarbeiter des Altertums, haben die Elbaner Erze nachweislich ausgebeutet. Nur der etwas hohe Phosphor-Gehalt war befremdlich, aber Braune wies nach, dass der Brennstoff — in diesem Falle die Holzkohlen — immer etwas Phosphor an das Eisen abgibt. Beim schwedischen Holzkohlenhochofen rechnet man, dass 0,01—0,02$^0/_0$ Phosphor aus den Kohlen ins Eisen gelangen, und dies gilt für einen höchst rationellen Betrieb. Aber beim prähistorischen Schmelzprozess wurde jedenfalls das Zehnfache des heutigen Bedarfes an Kohlen verbraucht.

Es ist nun vielleicht gestattet, diejenigen Eisensorten, die sich durch einen grossen Gehalt an *Phosphor oder Schwefel* — oder beiden zusammen — auszeichnen, als Produkte zu bezeichnen, die im Lande selbst, also auf dem Gebiete der heutigen Schweiz hergestellt wurden; diejenigen aber, welche wenig von jenen Elementen enthalten, wären aus dem Süden, aus Etrurien importiert. Diese letzteren wären dann die historisch älteren, die ersteren die jüngeren. Dass diese Prognose in einigen Fällen stimmt, mögen folgende Beispiele zeigen:

Der Nagel Nr. 7 mit dem sehr hohen Phosphor-Gehalt ist uns auch vom Landesmuseum als wahrscheinlich römischen oder spät La Tène-Ursprungs bezeichnet worden, er ist jedenfalls in unseren Gegenden nordwärts der Alpen fabriziert worden. Ebenso dürfte das für den Nagel Nr. 8 gelten, die Berner Funde von *Tiefenau* und *Münsingen* gehen vielfach bis in die dritte La Tène-Periode hinauf. Und so stammt auch der Armring Nr. 6 aus *Tiefenau,* auch er zweifellos der jüngsten La Tène-Zeit angehörig, auch er im Lande selbst hergestellt (hoher Phosphor-Gehalt). Zweifelhaft, ob nördlichen oder südlichen Ursprungs, ist der Draht Nr. 5, der P-Gehalt ist ganz bedeutend geringer als in den oben erwähnten Fällen, dagegen ist der S-Gehalt noch etwas zu hoch.

Aus sehr reinem Materiale bestehen die Eisen der Analysen Nr. 2, 3, 4 und 9; sie dürften jedenfalls aus toskanischen, elbaner Erzen, angefertigt worden sein. Der ausgezeichnet gearbeitete Henkelring (Analyse Nr. 4) aus einem Tessiner Grabe herstammend, verrät die hohe etruskische Technik, es ist ein sehr weiches, gut schmiedbares Eisen; von dem Bleche (Analyse Nr. 3) wurde oben schon angenommen, dass es möglicherweise von einem etruskischen Brustharnisch stammt, und auch die sehr phosphorarme zweite kleinere Sichel dürfte aus Toskana stammen; es sind dies alles Tessiner Funde. Besonders spricht auch für diese Annahme die Zusammensetzung des Drahtes der Analyse Nr. 9. Das sehr phosphor- und schwefelarme Stück war um den oberen Rand eines jener schönen eleganten Bronzeeimer, einer situla, geschlungen; diese Eimer gehören der frühesten La Tène-Zeit an, ja sie finden sich schon häufig unter den Funden der vorhergehenden Hallstadt-Periode, die sich hier mit jener berührt. Diese Gegenstände sind sicher noch nicht im Norden fabriziert worden. Die schöne, wohlerhaltene Sichel der Analyse Nr. 1 enthält wenig Schwefel, aber ziemlich viel Phosphor. Sie dürfte der späteren La Tène-Zeit angehören und im Lande selbst hergestellt worden sein.

Wenn somit die Analyse einige Schlüsse über Alter und Herkunft des Eisens zu ziehen erlaubt, so gibt die Betrachtung der *Aetzfiguren* einigen Aufschluss über die Technik der Eisenhüttenleute jener längst vergangenen Zeiten.

Aetzfiguren entstehen auf blank geschliffenem Eisen durch die Einwirkung von Säuren. Wenn das Eisen ungleichmässig ist, so werden die weicheren Teile rascher von der Säure angegriffen, als die härteren, je unhomogener also ein Eisen hergestellt worden ist, umso ungleichmässiger und abwechslungsreicher wird das Aetzbild.

Die Photogramme[15]) auf der Tafel I bedeuten:

Tafel I. A: *Modernes Flusseisen* (Gebr. Röchling)[16]) von einem Kohlenstoffgehalt, wie er ungefähr den weichsten von uns untersuchten Eisenproben entspricht. Aeusserst gleichmässiges Aetzbild, durchaus homogenes Material.

B: Querschnitt des *Drahtes* der Analyse Nr. 5, sehr ungleichmässig, Risse mit Schlackeneinschlüssen.

---

[15]) Zur Herstellung der Aetzfiguren wurde das angeschliffene Eisen blank poliert, dann mit verdünnter Salzsäure oder mit einer alkoholischen Lösung von Pikrinsäure geätzt, rasch abgespült, durch Auftupfen von Filtrierpapier getrocknet und sogleich in siebenfacher Vergrösserung photographiert. (Die Photographien wurden von Herrn *A. Ditisheim* ausgeführt.)

[16]) Wir verdanken den Herrn *Gebr. Röchling* in *Basel* Proben von genau analysierten Eisen.

C und D: Querschnitt und Längsschnitt des *Henkelringes,* Analyse Nr. 4. Besser ausgeschmiedet, als B.

E und F: Prächtiges, typisches Beispiel eines *Früh La Tène-Eisens* (sogar vielleicht der Hallstadt-Zeit angehörend?). Es ist der *Draht* von *Castaneda,* Analyse Nr. 9, primitivste Arbeit, schlecht ausgeschmiedet, voll von Rissen und Schlackeneinschlüssen, harte und weiche Partien ganz ungleichmässig verteilt. (E = Querschnitt, F = Längsschnitt.) Man versteht beim Betrachten dieser Aetzfiguren, weshalb der Kohlenstoffgehalt der verschiedenen Teile des Stückes immer ein anderer ist.

G: Querschnitt durch die *Sichel,* Analyse Nr. 1. Die Aetzfigur lässt erkennen, dass die Sichel durch Zusammenlegen und Zusammenhämmern und Schweissen einzelner dünner Bleche — die Umbiegestellen sind gut zu erkennen — dargestellt wurde. Dadurch, dass das Eisen sehr oft im Kohlenofen ausgeglüht wurde, nahm es viel Kohlenstoff auf und bekam den Charakter des weichen Stahles. Es verrät schon eine hohe Stufe der Eisentechnik, und dürfte deshalb, was ja auch der hohe Phosphorgehalt zeigt, der Spät-La Tène-Zeit angehören.

H und I: Querschnitt und Längsschnitt des *Armringes,* Analyse Nr. 6. Besser ausgeschmiedet, als die Eisen der Früh-La Tène-Zeit (die Spalten und Risse fehlen fast ganz), aber das Eisen ist immer noch sehr ungleichmässig. Das gleiche gilt für

K und L: es ist der, möglicherweise römische, *Nagel* vom *Mont Terri,* hübsch ist die durch vermutlich einseitiges Aushämmern erzielte Schichtung des Eisens.

Jedenfalls lassen diese Aetzfiguren deutlich den Fortschritt der Eisentechnik von der Früh-La Tène-Zeit bis zur römischen Zeit erkennen.

Beim Vergleich der Aetzbilder des prähistorischen und des modernen Eisens kommt man zu der Ueberzeugung, dass das Eisen der Schmiede der La Tène-Zeit (und wohl auch zum Teil der römischen und früh-mittelalterlichen) niemals vollkommen geschmolzen gewesen ist.

Wir wissen noch sehr wenig über die Methoden der Eisengewinnung bei den alten Völkern. Die Angaben der Schriftsteller sind sehr dürftig, so dass man sich nur schwer ein genaues Bild machen kann. Zwar ist man, dank der Funde auf *Elba, Korsika* usw. ziemlich gut orientiert wie zur römischen Kaiserzeit Eisen gemacht wurde, dafür begegnet man genaueren Angaben über die Eisenbereitung im Norden der Alpen erst im späteren Mittelalter. Bis dahin ist man auf die spärlichen Ergebnisse von Ausgrabungen und zufälligen Funden angewiesen.

Wohl die genauesten Angaben über prähistorische Eisenschmelzen im Norden der Alpen machte der weiland Berner Minen- und Hütteningenieur *A. Quiquerez.* In den 50er und 60er Jahren des verflossenen Jahrhunderts hat dieser Fachmann eine grosse Reihe — er gibt an mehr als hundert — alte prähistorische Eisenschmelzen und Eisenminen im Berner Jura aufgedeckt und untersucht. Er veröffentlichte verschiedene Abhandlungen über diesen Gegenstand, die wichtigste findet sich in den Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich 1871 abgedruckt. *Quiquerez* gibt dort die Abbildung eines von ihm auch im Modell hergestellten Schmelzofens[17]) und beschreibt den Hüttenprozess; seine Angaben sind umso interessanter, als sie wie schon gesagt von einem Fachmanne gemacht werden.

Der Ofen bestand aus einer tiegelartigen Röhre, die in den Hang einer Böschung eingeschnitten wurde, die Schachthöhe betrug 2,5—2,7 Meter, der innere Durchmesser 60—70 cm. Die Wände des Tiegels waren mit Ton ausgestampft. Unten ging der Ofen in einen horizontalen Schmelzkanal über, der nach aussen führte. Durch diese Oeffnung trat der Wind ein, er wurde nach der Ansicht von Quiquerez nicht durch Bälge hervorgebracht, sondern bloss durch natürlichen Luftzug.

Die zähflüssige Schlacke wurde von Zeit zu Zeit mit eisernen Hacken, die an einem hölzernen Stiele befestigt waren, durch den Luftkanal heraus geholt. (Quiquerez hat solche Hacken aufgefunden.) Unter Verbrauch von riesigen Mengen Holzkohle konnte in diesen kleinen Oefen nur eine für unsere heutigen Begriffe winzige Menge Eisen gefertigt werden, Quiquerez meint etwa 30—50 Pfund. Berücksichtigt man ferner, dass der Ofen bald repariert, ja erneuert werden musste, dass das Holz und die Erze oft von weit her sehr mühsam herbeigeschafft werden mussten, so wird man Quiquerez Recht geben, wenn er meint, das Eisen wäre sehr teuer zu stehen gekommen.

Es ist zweifellos, dass in derartigen Oefen das Eisen niemals vollständig geschmolzen werden konnte. Dafür reichte die Temperatur noch lange nicht, und das mag wohl auch noch für diejenigen primitiven Oefen gelten, bei denen zuerst Luft mittelst einfacher Blasebälge in den Ofen geblasen wurde. Das Eisenerz, das Oxyd, wurde wohl reduziert, aber nicht oder wenigstens nur an wenigen Stellen geschmolzen. Denn das sehr weiche kohlenstoffreie Eisen, das zuerst durch Reduktion entsteht, hat einen so hohen Schmelzpunkt, dass die in den prähistorischen Oefen, ja

---

[17]) Dieses Modell befindet sich jetzt im Museum zu *Basel.*

wohl noch in den Oefen des früheren Mittelalters, erreichten Hitzegrade zum Schmelzen nicht ausreichten. Man muss bedenken, dass die Temperatur im Schmelzraum eines modernen Hochofens 1200 bis 1300° beträgt. Dagegen erfordert die blosse Reduktion des Erzes zu schmiedbarem Eisen die Temperatur von 700°. Das reduzierte Eisen bildete einen glühenden Schwamm am Boden des Ofens, es nahm aus den umgebenden Kohlen Kohlenstoff auf, aber diese Aufnahme war natürlich keine gleichmässige. Es war dann der Kunst des Schmiedes vorbehalten, dieses rohe Eisen durch wiederholtes Glühendmachen und fleissiges, oft wiederholtes Aushämmern mehr oder weniger homogen zu gestalten. Und die Aetzfiguren zeigen dann auch, in welchem Masse das dem prähistorischen Schmiede gelungen ist. Je mehr Spalten und Schlackeneinschlüsse vorhanden sind, je mehr dunkle und helle Stellen, umso weniger gut ist dem Schmiede von anno dazumal seine Arbeit geraten.

Für das eben Gesagte sind besonders auch die *Schlacken* beweisend, welche oft in Massen in der Nähe solcher Oefen gefunden wurden. Beck[18]) in seiner Geschichte des Eisens, gibt gelegentlich die Analyse solcher Schlacken. Sie enthalten immer noch so grosse Mengen Eisen, meistens 50% und mehr, dass kaum die Hälfte des in den Erzen enthaltenen Metalles ausgebracht sein konnte. Dies spricht mehr wie alles andere für den mangelhaften Schmelzprozess, für die niedrige Temperatur im Ofen. Die Schlacken eines modernen Hochofens sind fast frei von Eisen.

---

[18]) loc. cit. S. 639.

Eingegangen 9. Mai 1910.

Ueber einen Luftwiderstandsapparat.

Von

Hans Zickendraht.

Mit überraschenden Erfolgen ist die Praxis der Theorie bei der Lösung des Flugproblemes vorausgeeilt und hat den Physiker an viele teilweise schon vor langem aufgestellte Fragen der Aerodynamik erinnert, welche immer noch ihrer endgültigen Beantwortung harren. Die Gesetze des Luftwiderstandes werden nun wohl in den Vorlesungen eine eingehendere Würdigung erfahren, als dies bisher der Fall war, und so dürfte der im folgenden beschriebene einfache Demonstrationsapparat manchem willkommen sein.

A. Der Apparat.[1])

Die Anregung zur Konstruktion des Apparates verdanke ich erstens einer Abhandlung von Herrn Prof. W. König[2]), welcher auf der Frankfurter Ila (Internationale Luftschiffahrts-Ausstellung 1909) einen geistvoll erdachten Demonstrationsapparat vorführte und zweitens dem Studium der Arbeiten S. P. Langley's,[3]) die so vieles für die Aviatik Beherzigenswertes enthalten.

Dem in Figur 1 wiedergegebenen Apparate liegt dieselbe Idee zugrunde, die Langley bei seinem Gesamtdruckmesser (resultant pression recorder) verwendet. Der Auftrieb (Vertikalkomponente) und der Rücktrieb (Horizontalkomponente des Druckes) einer unter bestimmtem Winkel gegen den Luftstrom geneigten Platte A, wird durch zwei kalibrierte Schraubenfedern H und V kompensiert, indem durch passendes Spannen dieser Federn die durch den Luftstrom abgelenkte Platte wieder in die Gleichgewichtslage zurückgeführt wird. Um diese Kompensation ausführbar zu machen, sitzt die Platte A, deren Luftstosswinkel an der Skala B abgelesen werden kann, am Ende eines durch die kardanische Aufhängung C allseitig beweglich gemachten Hebels D. Das hintere Ende dieses

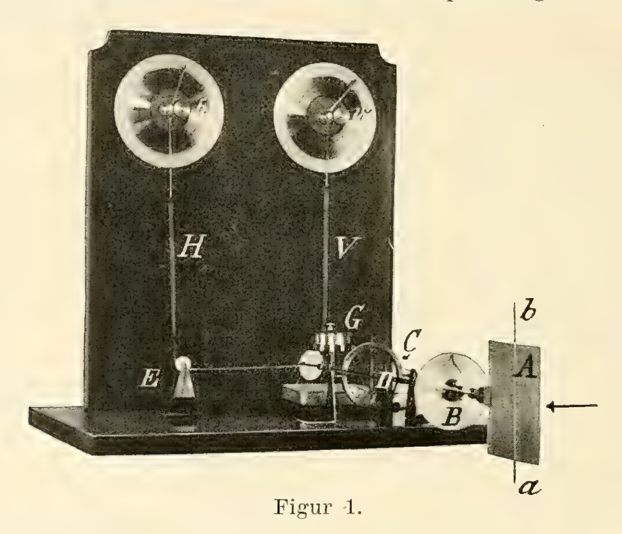
---

[1]) Die Konstruktion des Apparates ist der Firma Fr. Klingelfuss & Co. in Basel übertragen worden.

[2]) *W. König.* Wochen-Rundschau der Ila (1909), Heft 10, p. 169.

[3]) *S.P. Langley.* Experiments in aerodynamics. Smithsonian contributions to knowledge, 1891.

Hebels durchsetzt das vertikale Brett und läuft in eine feine Spitze aus. Dieser Spitze steht in der Gleichgewichtslage eine zweite am Grundbrette befestigte Spitze gegenüber und liefert so einen Null-Index für die Kompensation sowohl der horizontalen als auch der vertikalen Ablenkung der Platte A durch den Luftstrom. Die gemeinsame Ansatzstelle der beiden Kompensationsfedern liegt einige Zentimeter vor der runden Oeffnung im vertikalen Brette. Dünne Fäden, von denen der eine um die Rolle E geführt ist, verbinden den Hebel D mit den Federn H und V. Das Anspannen der letzteren geschieht, indem durch Drehen der Knöpfe h und v der die Federn tragende Faden sich auf einen Zylinder aufwickelt. An den beiden Skalen können dann die Spannungen der Federn



Figur 1.

in Skalenteilen und nach passender Aichung direkt die Grössen der Druckkomponenten in Grammen abgelesen werden.

Die Ausführung einer Messung ist nun kurz folgende: Nach Einsetzung einer Platte A in ihre Fassung bringt man den Hebel D durch passende bei G aufgelegte Gewichte sowie durch Regulieren der Federn H und V in seine Nullage, wobei die beiden obenerwähnten Spitzen einander genau gegenüberstehen müssen. Wenn die Platte A nun unter einem bestimmten an B abzulesenden Winkel zum Luftstrome, der von rechts her kommend gedacht sei, geneigt ist, so wird sie einen Auftrieb und einen Rücktrieb erleiden und es können diese beiden Komponenten durch Drehen der Knöpfe h und v bis zum Wiedereinspielen der Spitzen kompensiert werden. Denkt man sich die beiden Komponenten in einem Punkte der Mittellinie a—b der Platte A angreifend, so wird, wenn für kon-

stanten Abstand der Linie a—b vom Kardan C, also für gleichbleibenden Hebelarm, gesorgt wird,[4]) eine einmalige Aichung der Skalen H und V für mehrere Versuchsreihen genügen. Die Aichung geschieht direkt mit Hilfe von Gewichtstücken, auf einer leichten Schale, die man unter Verwendung von Faden und leichtgehender Friktionsrolle an einem kleinen im Mittelpunkt der Platte A angebrachten Ringe einmal im Sinne der Vertikalkomponente, das anderemal horizontal angreifen lässt. (In Ermangelung einer leicht genug laufenden Friktionsrolle habe ich mir aus 1 mm starkem Messingdraht leichte Räder mit 4 Speichen von ca. 10 cm Durchmesser hergestellt, deren Achsen auf Glasplättchen spielten und die bei richtiger Ausbalanzierung gute Dienste leisteten.)

Den Luftstrom erzeugte ein kleiner Elektromotor, welcher auf seiner Achse einen 4flügeligen Ventilator trug. Die Flügel des Ventilators liefen in einem Blechzylinder von 35 cm Durchmesser, der in seinem Vorderteile durch Querwände in 16 Fächer eingeteilt war, um eine Schraubenbewegung des Luftstromes zu verhindern. Ein Blechkonus von 40 cm Länge, der sich von 35 cm Durchmesser auf 25 cm Durchmesser verjüngte, konzentrierte den Luftstrom etwas. Bei allen Versuchen befand sich die Platte in 40 cm Abstand von der Mündung des Blechkonus.

Mittels eines kleinen Schalenkreuz-Anemometers der Firma Fuess wurde jeweils die Messung der Luftgeschwindigkeit ausgeführt. Es zeigte sich dabei, dass der Ventilator leider nicht gleichmässig arbeitete, ein Umstand, der allerdings die Messungen etwas erschwerte und gewisse Vorsichtsmassregeln erforderte. So wurde zur Kontrolle etwaiger Schwankungen der Luftgeschwindigkeit ein kleines Pendelanemometer in eine Kammer des grossen Ventilatorzylinders eingeführt, welches dann die Abweichungen erkennen und berücksichtigen liess. Wenn ich im folgenden dennoch Messungen mit dem Apparate angebe, so geschieht dies in der Hauptsache, um die Verwendbarkeit des Luftwiderstands-Apparates darzutun; ich bin mir dabei der Mängel der Resultate, die aus den etwas ungenügenden Hilfsmitteln (besonders bei dem improvisierten Ventilator) entsprangen, recht wohl bewusst.

B. Versuche.

1. *Der Druck auf eine zum Luftstrome senkrecht gestellte Fläche.* Wenn F die Oberfläche der Platte in Quadratmetern, v die Geschwindigkeit des Luftstromes in Metern pro Sekunde darstellt,

[4]) Der Hebel D ist zweckmässig so einzurichten, dass durch Ausziehen der Fassung der Abstand der Achse a—b vom Cardan für verschiedene Platten konstant bleibt.

so gilt unter Annahme des vielfach bestätigten Newtonschen Quadratgesetzes[5]) für den Druck auf die Fläche die Beziehung

$$P_{90^0} = k \cdot F \cdot v^2$$

wo k den „spezifischen Luftwiderstand“ (also den Druck in kg auf den Quadratmeter bei der Geschwindigkeit 1 m/sec) darstellt. Dieser Faktor k scheint nun keine Konstante zu sein, man vergleiche z. B. die vielen verschiedenen Resultate verschiedener Beobachter,[6]) deren Angaben schwanken zwischen

$$k = 0{,}055 \text{ kg und } k = 0{,}144 \text{ kg}$$

Der erstere Wert ergibt sich aus der von Kirchhoff[7]) abgeleiteten Gleichung für den Druck auf ein ∞ langes Rechteck, während der letztere Wert von Mannesmann[8]) auf experimentellem Wege ermittelt wurde. Von einzelnen Beobachtern wurde auf die Abhängigkeit des Faktors k von der Flächengrösse und -form aufmerksam gemacht, jedoch widersprechen sich die Angaben zuweilen direkt.[9]) Eine wirkliche Lösung dieser verwickelten Fragen versprechen aber die schönen Versuche von Ahlborn,[10]) welche deutlich die Wirbelbildung hinter der vom Flüssigkeitsstrome getroffenen Fläche veranschaulichen und so erklären werden, warum Form und Grösse der Fläche von Einfluss auf den Faktor k sind.

Mit dem eingangs beschriebenen Apparate wurden untersucht: ein Quadrat, ein Kreis und ein Rechteck (8,69 × 11,5 cm) von je 0,01 $\overline{m}^2$ Oberfläche, die aus 1,5 mm dickem Aluminiumblech geschnitten waren.

Die Ergebnisse sind die folgenden:

Tabelle I.

	v m/s	k kg
Quadrat	2,684	0,066
Kreis	2,699	0,068
Rechteck	2,795	0,065

[5]) Vergl. *S. Finsterwalder,* Aërodynamik. Encyclop. d. Math. Wiss., Bd. IV, 2, p. 161.

[6]) ibid. p. 163.

[7]) *G. Kirchhoff.* Vorlesg. üb. math. Physik, Bd. I, Mechanik, p. 307.

[8]) *O. Mannesmann.* Inaug.-Diss., Tübingen 1898, p. 26.

[9]) ibid. p. 27.

[10]) *Fr. Ahlborn.* Physikal. Ztschr. XI, p. 201 (1910).

Die Werte von k scheinen hier recht gering; leider konnte ich mangels eines geeigneten Ventilators keine höheren Luftgeschwindigkeiten und auch keine grösseren Platten verwenden, um den Einfluss der Plattengrösse auf den Faktor k studieren zu können. Mannesmann[11]) wies ein mit der Flächengrösse proportionales Ansteigen von k nach; der Unterschied zwischen dem Quadrate, Kreise und Rechtecke gleichen Flächeninhaltes wie ihn von Lössl, F. Le Dantec und G. Hagen[12]) konstatierten, lässt sich mit meinem Apparate erst bei höheren Geschwindigkeiten zeigen.

2. *Der Druck auf eine zum Luftstrome geneigte Fläche.* Der Uebergang vom Luftstosswinkel 90^0 zu kleineren Werten der Plattenneigung a gegenüber dem Luftstrome lässt sich darstellen durch die Gleichung

$$P_\alpha = P_{90^0} \cdot f(\alpha)$$

Die Funktion $f(\alpha)$ ist nun von vielen Forschern untersucht worden. Als unhaltbar müssen sich jedoch alle Ausdrücke für $f(\alpha)$ erweisen, die nicht für bestimmte α über den Wert 1 hinausgehen können, indem schon Dines,[13]) Mannesmann und andere nachweisen konnten, dass für gewisse spitze Luftstosswinkel der Wert P_α grösser wie P_{90^0} werden könne. Dieses paradoxe Verhalten lässt sich auch mit meinem Apparate leicht nachweisen. Man bestimmt zu diesem Zwecke bei konstanter Luftgeschwindigkeit für verschiedene Neigungswinkel α die Werte H und V der Horizontal- und Vertikalkomponente, untersucht hierauf, ob die Bedingung

$$\frac{H}{V} = \operatorname{tg}\alpha$$

erfüllt sei, dann liefert

$$\sqrt{H^2 + V^2} = P_\alpha$$

den gesuchten zum Luftstosswinkel α gehörigen Druckwert. Aus den Verhältnissen von P_α zu P_{90^0} ergibt sich dann unmittelbar der Verlauf der Funktion $f(\alpha)$

Ist die Bedingung $\frac{H}{V} = \operatorname{tg}\alpha$ nicht erfüllt, so muss folgende kleine Korrektion angebracht werden: Die Resultante

$$P'_\alpha = \sqrt{H^2 + V^2}$$

bildet dann einen kleinen Winkel β mit der Normalen zur Platte und es ist

$$\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{H}{V} = C$$

woraus

$$\beta = \frac{C - \operatorname{tg}\alpha}{1 + C \cdot \operatorname{tg}\alpha}$$

---

[11]) *O. Mannesmann* loc. cit. p. 26.

[12]) *S. Finsterwalder.* Aërodynamik, p. 162.

[13]) *W. Dines.* Proc. Roy. Soc. of London, 48, 233 (1890). Vergl. auch *F. W. Lanchester,* Aërodynamik (Teubner 1909), Bd. I, p. 172.

Den wahren Druck findet man dann aus

$$P'_\alpha \cdot \cos \beta = P_\alpha$$

Tabelle II gibt die Mittelwerte aus 10 Messungsreihen an einer quadratischen Platte wieder. Zu jedem Luftstosswinkel ist der entsprechende Wert der Horizontalkomponente (Rücktrieb) und der Vertikalkomponente (Auftrieb) in gr. gegeben. In der vierten Zeile stehen die Werte des für den Aeroplan wichtigen Verhältnisses V/H. Die obenerwähnte Korrektion erwies sich im Falle der quadratischen Platte als unter den Versuchsfehlern liegend.

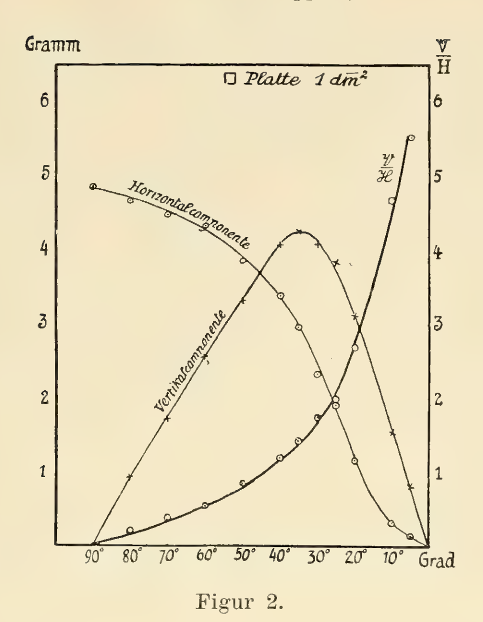
Tabelle II.

Quadrat von 0,01 $\overline{m}^2$ v ca. 2,7 m/s

Luftstoss-Winkel	90°	80°	70°	60°	50°	40°	35°	30°	25°	20°	10°	5°
H in gr.	4.87	4,67	4,50	4,35	3,87	3,40	2,96	2,34	1,93	1,16	0,33	0,15
V in gr.	—	0,94	1,72	2,57	3,32	4,08	4,27	4,09	3,85	3,11	1,55	0,83
V/H	—	0,20	0,38	0,59	0,86	1,20	1,44	1,75	2,00	2,68	4,67	5,53
P_α in gr.	4,87	4,76	4,81	5,05	5,09	5,31	5,19	4,71	4,31	3,32	1,58	0,84
$f(\alpha) = \frac{P_\alpha}{P_{90}}$	1	0,978	0,988	1,037	1,045	1,090	1,066	0,967	0,885	0,682	0,324	0,173

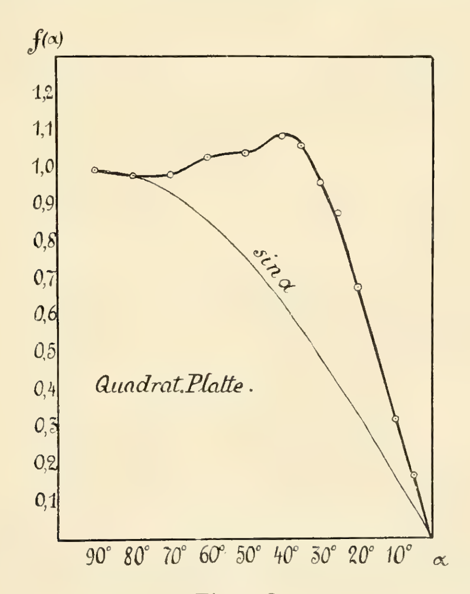
sodass sich P_α direkt aus $\sqrt{H^2 + V^2}$ bestimmte. Den Verlauf der Funktion $f(\alpha)$ gibt die letzte Zeile wieder und man erkennt leicht das Maximum in der Gegend von 40°. Dines[14]) fand zwischen 35° und 40° ein scharf ausgeprägtes Maximum seiner Kurve für $f(\alpha)$, für welches die Versuche von Ahlborn[15]) nun eine sehr einleuchtende Erklärung geben, indem bei diesen Neigungswinkeln der um die Platte seitlich abfliessende Luft- resp. Flüssigkeitsstrom die Wirbel hinter der Platte teilweise zerreisst und so eine merkliche Druckverminderung im „toten Wasser" hervorgerufen wird, der Gesamtdruck P_α also steigen muss.

[14]) *W. Dines*, loc. cit.
[15]) *F. Ahlborn*, loc. cit., p. 203.



Figur 2.

Figur 2 stellt graphisch den Verlauf der beiden Druckkomponenten und des Verhältnisses V/H dar, während in Figur 3 die experimentell ermittelte Kurve für f (α) mit dem in der Flug-



Figur 3.

technik jetzt vielfach verwendeten v. Lössl'schen Sinusgesetze[16]) verglichen ist. Nach der Stauhügeltheorie, die durch v. Lössl ausgebildet wurde, soll $f(\alpha) = \sin\alpha$ sein. Ein Vergleich theoretischer und praktisch ermittelter Kurven für $f(\alpha)$ findet sich in Lanchesters Aerodynamik.[17]) Dort ist auch die Dines'sche Kurve für die quadratische Platte gegeben, an welcher der charakteristische Höcker zwischen 30° und 40° Neigungswinkel auffällt. Dines verwandte Platten von dreieckigem Querschnitt, und man könnte versucht sein, diesen Umstand in irgend einer Weise für den eigenartigen Verlauf der Druckkurve verantwortlich zu machen. Lanchester schreibt später: [18]) „Jedenfalls würde er befriedigender sein, wenn die Versuche mit Platten von gewöhnlicher Form wiederholt worden wären." Dass damit das Maximum bei ca. 40° Luftstosswinkel nicht verschwindet, ist nun in Figur 3 gezeigt.

Ausser dem Quadrate wurden noch der Kreis und das obenerwähnte Rechteck bei verschiedenen Luftstosswinkeln untersucht, die Resultate sind in den Tabellen III und IV niedergelegt.

Tabelle III.

Kreis von 0,01 $\overline{m}^2$ v ca. 2,7 m/s

Luftstoss-Winkel	90°	80°	70°	60°	50°	40°	35°	30°	25°	20°	10°	5°
H in gr .	4,93	4,55	4,61	4,50	4,05	3,57	3,10	2,55	1,86	1,25	0,41	0,22
V in gr .	—	0,80	1,84	2,51	3,32	4,17	4,34	4,27	3,84	3,12	1,17	0,73
V/H . .	—	0,17	0,40	0,56	0,82	1,17	1,40	1,67	2,06	2,49	2,85	3,32
P_α in gr .	4,93	4,62	4,96	5,15	5,23	5,49	5,33	4,97	4,26	3,36	1,24	0,76
$f(\alpha) = \frac{P_\alpha}{P_{90}}$	1	0,937	1,006	1,044	1,061	1,114	1,081	1,008	0,864	0,682	0,250	0,151

Zu Tabelle III ist noch zu bemerken, dass an den zwei letzten Werten von P_α die früher erläuterte kleine Korrektion angebracht werden musste. Auch beim Kreise zeigt die Funktion $f(\alpha)$

[16]) *F. v. Lössl.* Die Luftwiderstandsgesetze. Wien 1896.
[17]) *F. W. Lanchester.* Aërodynamik, p. 172, Fig. 93.
[18]) ibid. p. 291.

das charakteristische Maximum in der Gegend von 40⁰ Luftstosswinkel.

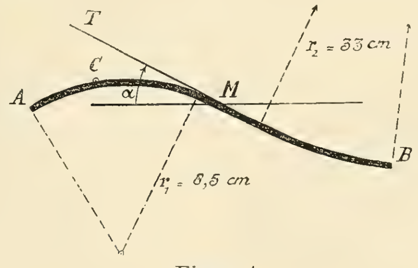
Tabelle IV enthält schliesslich dieselben Angaben für eine rechteckige Platte von 0,01 $\overline{m}^2$ Fläche, deren lange Kante 11,5 cm horizontal lag. Auch hier sind die beiden letzten Werte von P_α korrigiert. Das Maximum von $f(\alpha)$ findet sich bei 35⁰.

Tabelle IV.

Rechteck (8,69 × 11,50 cm) 0,01 $\overline{m}^2$ v ca. 2,7 m/s

Luftstoss-Winkel	90⁰	80⁰	70⁰	60⁰	50⁰	40⁰	35⁰	30⁰	25⁰	20⁰	10⁰	5⁰
H in gr .	4,42	4,41	4,17	4,13	3,66	3,11	2,80	2,44	1,96	1,32	0,48	0,27
V in gr .	—	0,81	1,52	2,42	3,04	3,55	3,92	4,02	3,90	3,16	1,47	0,68
V/H . .	—	0,18	0,36	0,59	0,83	1,14	1,40	1,65	1,99	2,39	3,06	2,52
P_α in gr .	4,42	4,48	4,44	4,78	4,76	4,72	4,82	4,70	4,36	3,42	1,52	0,70
$f(\alpha) = \frac{P\alpha}{P_{90}}$	1	1,001	1,001	1,031	1,077	1,068	1,095	1,063	0,986	0,774	0,344	0,158

Der Messapparat lässt sich auch erfolgreich zum Studium gekrümmter Flächen anwenden, wie zum Schlusse an einem einfachen Beispiele gezeigt werden soll. In Figur 4 ist der Durchschnitt einer Fläche dargestellt, wie sie beim Bau von Aeroplanen Verwendung findet.



Figur 4.

Dieser Querschnitt stellt ein liegendes S dar, dessen beide Haupt-Krümmungsradien ungefähr 8,5 cm und 33 cm betrugen. In der Mittellinie M der Fläche, die den Wendepunkt der Quer-

schnittkurve darstellt, werde die Tangentialebene T an die Fläche gelegt und als Luftstosswinkel α der Winkel zwischen der Tangente an die Querschnittskurve und der Horizontalen angenommen, es lässt sich dann leicht zeigen, dass für a = 53^0 die Fläche parallel der Tangente in A und für 8^0 die Fläche parallel der Tangente in B getroffen wird. Die Tabelle V gibt nun Aufschluss über die Frage nach demjenigen Luftstosswinkel, bei welchem der Quotient V/H am grössten wird.

Tabelle V.

Aeroplanfläche 0,022 m^2

Luftstosswinkel	60^0	53^0	50^0	40^0	30^0	20^0	10^0	8^0
H in gr	11,25	9,25	8,21	5,32	3,07	1,70	1,18	1,14
V in gr	12,62	12,62	12,0	10,0	6,85	2,63	0,96	0,35
V/H	1,12	1,37	1,46	1,88	2,23	1,55	0,81	0,31

Dies ist für $\alpha = 30^0$ der Fall und man erkennt ein für den Aeroplan wichtiges und längst praktisch verwertetes Prinzip, demzufolge die Fläche so gestellt werden muss, dass ihr höchster Punkt nicht in der Vorderkante, sondern etwas hinter derselben zu liegen kommt. In unserm Falle ist die Stelle C in ca. $^1/_6$ der Gesamtlänge als höchster Punkt zu wählen.

Physikal. Anstalt der Universität Basel.
März 1910.

Eingegangen 3. Mai 1910.

Ueber das Funkenpotential und die elektromotorische Kraft der gedämpften Welle eines Induktoriums bei den Entladungen durch Gaswiderstände.

Von

Fr. Klingelfuss.

I.

Das charakteristische an den Entladungen eines Induktoriums durch Gaswiderstände (in Luft von Atmosphärendruck oder in Vakuumröhren) sind der Reihe nach die Ionisationsspannung, das Funkenpotential und die elektromotorische Kraft der gedämpften Welle. Mit letzterem bezeichne ich für die Folge diejenige Strombahn einer Funkenentladung, die sich mit einer Phasenverschiebung gegen die Phase des blauen Funkens entlädt und stark gedämpft verläuft.[1])

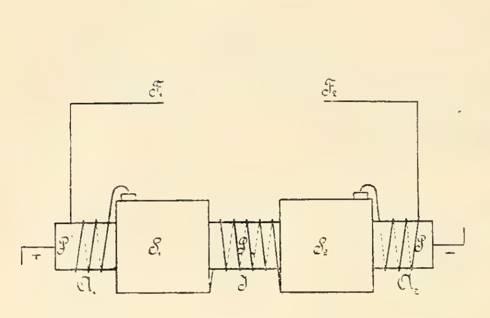
Als Träger der Ionisationsspannung haben wir die höchsten Oberschwingungen anzusehen. In einem Induktorium bilden sich die Oberschwingungen höherer Ordnung nur an den Enden der Spule aus. Sie pflanzen sich nicht längs der Drahtwicklung nach der Mitte der Sekundärspule hin fort. Das erklärt sich durch den ausserordentlich hohen Selbstinduktionswiderstand. Durch folgende Versuchsanordnung lässt sich das aber auch experimentell nachweisen.

Man schiebt über eine lange Primärspule, die sich in dem Hartgummirohr P (Figur 1) befindet, zwei mit je einer Sekundärwicklung versehene Spulen S_1 S_2, derart, dass die Verbindung der beiden Spulenhälften über einige Windungen J aus blankem Kupferdraht gehen, die am Hartgummirohr eng anliegen, dass ferner auch die äusseren Enden der Sekundärwicklung über solche Drahtwindungen A_1 A_2 zur Funkenstrecke F_1—F_2 führen. Setzt man nun das Induktorium in Betrieb, so dass Funken zwischen F_1

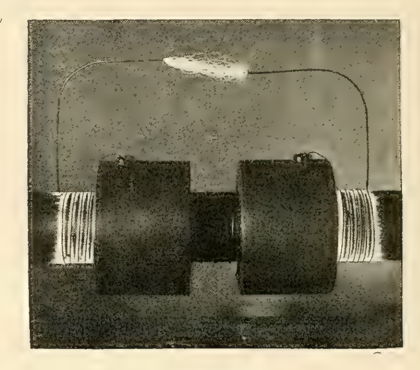
---

[1]) Verh. der Naturf. Ges. Basel XV, p. 155, 1902. Annalen der Phys. *9*, p. 1205, 1902.

und F_2 überspringen, dann beobachtet man im verdunkelten Raum an den Drahtwindungen A_1 und A_2 helle Lichtbüschel, während die Windungen J in der Spulenmitte dunkel bleiben.

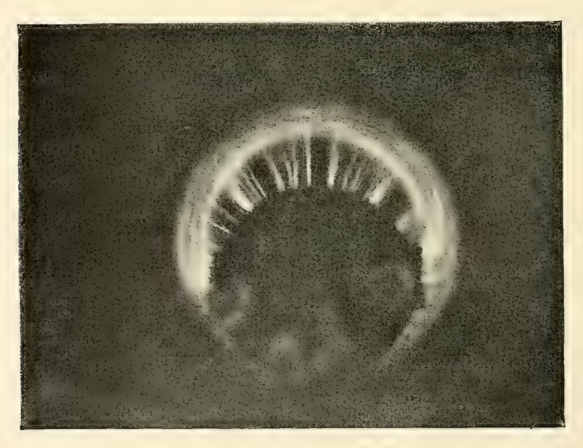


Figur 1.



Figur 2.

Die Lichtwirkung ist in dem photographierten Versuch (Fig. 2) an den äusseren blanken Drahtwindungen deutlich ersichtlich, während die Mitte vollkommen lichtfrei ist. Aber auch an den Enden der Primärwicklung, innerhalb des Hartgummirohres P Figur 1 kann man die Lichtbüschel beobachten.



Figur 3.

Figur 3 zeigt eine photographische Aufnahme von einem Ende her in das Innere des Hartgummirohres hinein. (Die Exzentrizität des inneren dunklen Kreises gegenüber dem äusseren rührt davon her, dass die dünnere Primärspule einseitig in dem weiteren

Hartgummirohr liegt.) Die Lichterscheinung hat vollkommen das Aussehen wie bei einer auf eine Viertelwellenlänge abgestimmten Resonanzspule für Hochfrequenzströme. Ihre Entstehung muss auch beim Induktorium Schwingungen von ähnlich hoher Frequenz zugeschrieben werden. Der Magnetismus des Eisenkernes folgt bekanntlich diesen schnellen Schwingungen nicht, so dass man annehmen darf, dass sich das Magnetfeld und die hochfrequenten Schwingungen gegenseitig nicht beeinflussen.

Ueber die Spannung dieser Schwingungen ist nichts bekannt; wahrscheinlich ist sie bedeutend höher, als das messbare Funkenpotential. Dafür spricht auch die Erfahrung, dass das Dielektrikum eines Induktoriums durch die hochfrequenten Schwingungen bei Abwesenheit von Funkenentladungen eher durchbohrt wird, als wenn in der Funkenstrecke kräftige Funken regelmässig übergehen. Befestigt man auf dem einen Entladepol ein Elektroskop, so beobachtet man vor dem Funkenübergang einen grösseren Ausschlag, als nach dem Einsetzen der ersten Funken. Es unterliegt kaum einem Zweifel, dass diese Hochfrequenzschwingungen eine Vorbedingung für das Zustandekommen von Funkenentladungen sind, indem denselben die Aufgabe zufällt, das Gas der Entladungsstrecke zu *ionisieren*, ohne welches der Widerstand erfahrungsgemäss eine solch grosse Höhe hat, dass voraussichtlich eine Entladung selbst mit den als Funkenpotential gemessenen Spannungen nicht zustande kommen würde. Dass übrigens die Lichterscheinung vor dem Funkenübergang als Büschellicht an den Entladepolen des Induktoriums sich zeigt, ist ja bekannt. Hier ist gezeigt worden, dass die hochfrequenten Schwingungen auch noch weiter bestehen, nachdem mit Einsetzen regelmässiger Funkenentladungen das Büschellicht an den Entladepolen nicht mehr sichtbar ist. Es ist vor allem aber gezeigt worden, dass die hochfrequenten Schwingungen mit Büschellicht auch an der Primärspule auftreten, wo sie ebenfalls während der Funkenentladung bestehen bleiben.

II.

Die Grösse des Funkenpotentials bei Entladungen eines Induktoriums in Luft von Atmosphärendruck ist von verschiedenen Seiten zu messen versucht worden.[2]) Man misst damit diejenige Spannungsdifferenz an den *Entladepolen* der Funkenstrecke, die in dem Zeitpunkt herrscht, in dem ein erster, rein blauer Funke durch die vorionisierte Gasstrecke bei bestimmter Länge zur Ent-

---

[2]) Vergl. die Literaturangaben bei M. Töpler, Annalen der Phys. *19*, p. 208, 1906.

ladung kommt. Diese Spannung ist niedriger, als die vorhergehende Ionisationsspannung, und höher als die Spannung der nachfolgenden gedämpften Welle. Das Funkenpotential ist der einzige, mit den heutigen Mitteln messbare Anhaltspunkt für die richtige Dimensionierung des Dielektrikums beim Bau von Induktorien. Dabei muss genügendes Erfahrungsmaterial in bezug auf die Penetrationskraft der höchsten Oberschwingungen vorliegen, wenn nicht trotz der Kenntnis des Funkenpotentials schlimme Erfahrungen gemacht werden sollen.

Während ein Wechselstromtransformator nur eine und dieselbe, seinen Dimensionen entsprechende Spannung geben soll, muss dieselbe bei einem Induktorium zwischen zwei extremen Werten hin und her pendeln können, damit ein Stromfluss überhaupt zustande kommen kann. Die vielfach herrschende Meinung, dass wegen der häufig *äusseren* Aehnlichkeit in der Bauart[3]) zwischen einem Induktorium und einem Wechselstromtransformator kein Unterschied bestehe, ist unrichtig und beruht auf dem Mangel an genügendem Einblick in die Vorgänge bei einem Induktorium.

Der Hauptunterschied in der Wirkungsweise eines Induktoriums gegenüber derjenigen eines, sagen wir Hochspannungs-Wechselstromtransformators ist dadurch charakterisiert, dass bei ersterem Typus von Apparaten die Oberschwingungen mit möglichst grosser Amplitude eine Bedingung für das Zustandekommen der vom Induktorium geforderten Wirkungen sind, während das Auftreten von Oberschwingungen beim Wechselstromtransformator als schädliche Nebenwirkung mit allen zu Gebote stehenden Mitteln zu verhüten gesucht wird. Das Induktorium muss aus diesem Grunde sowohl in bezug auf das Magnetfeld, als insbesondere auch in bezug auf die Sekundärspule und deren Dielektrikum erheblich abweichend von den für leistungsfähige Wechselstromtransformatoren üblichen Normen gebaut sein. Infolge dieser verschiedenartigen Bedingungen, die man an diese beiden Apparattypen stellt, kann auch niemals der eine Apparattyp mit Erfolg als Ersatz an die Stelle des anderen gebracht werden.

Der hiervor genannte Unterschied hängt auf's innigste zusammen mit den Verhältnissen im äusseren Schliessungskreise derartiger Apparate. Der Schliessungskreis eines Wechselstromtransformators besteht aus solchen Leitern, deren Widerstand nicht grösser wird, als dass die gewünschte Stromstärke durch die, ein für allemal angelegte Spannung in Fluss kommt. Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Schliessungskreis eines Induktoriums. Die hierbei

[3]) Vergl. die Abbildung eines Induktoriums mit geschl. Eisenkern in Verh. der Naturf. Gesellschaft Basel XIII, p. 267, 1900.

in der Regel eingeschaltete Gasstrecke (praktisch, bei Röntgenröhre, bis zu 45 cm in Luft von Atmosphärendruck) besitzt unter gewöhnlichen Umständen einen so hohen Widerstand, dass sie sogar für das angelegte Funkenpotential ein guter Isolator sein kann. Darauf beruht ja die Möglichkeit, hochgespannte Wechselströme über blanke Leiter frei durch die Luft fortleiten zu können. Das Induktorium muss befähigt sein, diesen Widerstand durch Ionisation des Gases hinreichend zu erniedrigen, damit nicht nur das Funkenpotential, sondern die noch viel niedrigere elektromotorische Kraft in der gedämpften Welle, deren Spannung, wie wir noch sehen werden, der Grössenordnung nach nicht höher ist, als die bei Wechselstrom üblichen Hochspannungen, hinreicht, sich über eine solche Gasstrecke entladen zu können.

Für die Ermittlung des Effektes hat man im Funkenpotential als Uebergangsspannung keinen Anhalt. Im Moment, wo diese Spannung herrscht, ist die untere Grenze für die Ionisationsspannung eingetreten. Die Ionisationsarbeit findet erst mit dem Ueberspringen des blauen Funkens ihren Abschluss für die betreffende Entladung. Damit hat aber das Induktorium im Sinne eines Transformators noch keine Arbeit geleistet, das geschieht erst in der Entladung der nunmehr dem blauen Funken zeitlich folgenden[4]) gedämpften Welle. Wenn man daher den Wirkungsgrad eines Induktoriums bestimmen wollte, müsste man ausser der elektrischen Arbeit, auch die für die Ionisation geleistete Arbeit ermitteln können, denn ohne diese Arbeit leisten zu müssen, wäre der Apparat eben kein Induktorium mehr, sondern ein einfacher Transformator. Das Induktorium wird aber nach jeder von ihm durchgeführten Ionisation in seiner Arbeitsweise ein Transformator. Man könnte deshalb das Induktorium zum Unterschied vom einfachen Transformator als die Kombination eines Ionisators mit einem Transformator bezeichnen.

Ich habe nun versucht, die vom Induktorium geleistete „Transformator-Arbeit" mit Ausschluss der Ionisationsarbeit messend zu verfolgen. Dazu waren gewisse Vorbedingungen zu erfüllen. Die Resultate, die dabei in bezug auf das Verhältnis der Röntgenstrahlenenergie zur elektrischen Energie der gedämpften Welle erhalten wurden, sind an anderer Stelle veröffentlicht.[5]) Die nach-

---

[4]) Man vergl. diesbzl. die Arbeit in den Verhandl. der Basler Naturf. Gesellschaft, Band XV, p. 149 und Annalen der Phys. *9*, p. 1205, 1902 (daselbst wurde die gedämpfte Welle nach früherem Sprachgebrauch als Aureole bezeichnet).

[5]) Verhandlungen d. deutsch. Röntgengesellschaft IV, p. 145, 1908; id. V, p. 62, 1909; id. VI, p. 123, 1910.

folgende Mitteilung kann sich daher auf die Angaben der Versuchsanordnung und die Resultate für die Spannungsmessungen an der gedämpften Welle beschränken.

III.

Zur Durchführung dieser Versuche wurde ein, aus Gründen, die schon früher beschrieben [6]) worden sind, in der Mitte seiner Sekundärspule unterteiltes Induktorium für 50 cm Funkenlänge benützt. Dieses Induktorium hat auf jeder Spulenhälfte 30 000 Windungen von gleicher Länge und symmetrisch gleichwertigem Dielektrikum. Es wurde sorgfältig dafür gesorgt, dass die beiden Spulenhälften in diesen Bestimmungsgrössen übereinstimmen. Nicht immer genau gleich gross ist hingegen, wegen der vorkommenden kleinen Differenzen im Drahtquerschnitt, der Ohm'sche Widerstand. Diese Differenz kann aber mit Rücksicht auf den sehr hohen Wechselstrom-Widerstand solcher Induktionsspulen unbedenklich vernachlässigt werden. An derartigen Spulen liegt, wie ich früher schon nachgewiesen habe [6]), das Potential des einen Entladepoles genau so hoch über dem Erdpotential, als dasjenige des anderen unter demselben liegt, und es herrscht in der Mitte zwischen beiden, das ist an der Verbindungsstelle der beiden Spulenhälften, keine Potentialdifferenz gegen Erde. (Bei einer Prüfung, wobei zwischen den beiden Entladepolen Funken von 40 cm Länge übersprangen, schlug ein von dieser Verbindungsstelle nach Erde eingeschaltetes Elektromotor nur auf 60 Volt aus, eine Spannung, die in bezug auf das dabei herrschende Funkenpotential von beiläufig 220 000 Volt überraschend klein ist.) Davon ausgehend, dass die hochfrequenten Schwingungen bei der Ionisationsspannung sich an den Enden der Spulen abspielen, wurde in der Spulenmitte, zwischen die beiden Spulenhälften, also da, wo die Schwingungen stark gedämpft verlaufen müssen, eine Spule mit einer kleinen Anzahl Windungen eingeschaltet, die für das Messbereich eines Thomson'schen Multizellularelektrometers von Hartmann & Braun abgeglichen war. Die Skalenteilung dieses Instrumentes reichte von 60 bis 160 Volt. Wegen der Trägheit der Zeigereinstellung ist das Instrument für die Ablesung im vorliegenden Falle nicht sehr angenehm. Es wurde später durch ein Hitzdrahtinstrument mit ähnlichem Skalenbereich mit gutem Erfolg ersetzt. Ausserdem wurde zwischen die Spulenhälften ein Milliampèremeter vom Typus Deprez

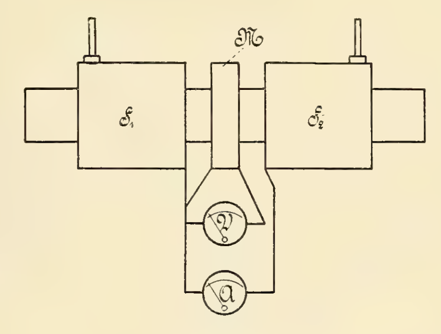
---

[6]) Vorgetragen in der Sitzung der physikal. Abteilung der 80. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Köln 1908.

geschaltet. Letzteres gestattete die Ablesung von ein Zehntel-Milliampère an.

In Figur 4 bedeuten S_1 S_2 die beiden Sekundärspulenhälften, M die Messspule, V das Voltmeter (Elektrometer) und A das Milliampèremeter. Zur Magnetisierung wurde Gleichstrom von 110 Volt benützt, der mit einem Starkstrom-Dauer-Unterbrecher, an welchem die Unterbrechungszahl genau abgelesen werden konnte, fünfzig Mal in der Sekunde unterbrochen wurde. Die Unterbrechungen müssen mit grösster Regelmässigkeit erfolgen, sonst werden die Resultate getrübt.

Bei einer, in bezug auf das Induktorium nicht zu kurzen Funkenstrecke, macht man zunächst folgende charakteristische Beobachtung:

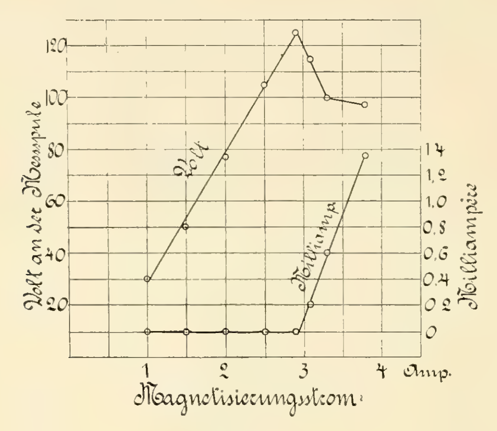


Figur 4.

Mit beginnender Magnetisierung, die jedoch nicht höher sein darf, als dass für die betreffende Strecke ein Funkenübergang nicht zustande kommt, schlägt das Voltmeter aus, während das Milliampèremeter unbeweglich bleibt. Mit Erhöhung der Magnetisierung steigt der Ausschlag am Spannungsmesser und erreicht ein Maximum, unmittelbar, bevor ein Funke überspringt. Bis dahin bleibt der Stromzeiger unbeweglich in der Nullage. Mit dem Einsetzen des Funkens fällt der Spannungszeiger plötzlich um einige Volt, und zugleich bewegt sich der Stromzeiger aus der Nullage. Während bei weiterer, sehr langsamer Erhöhung der Magnetisierung die Spannung zunächst noch etwas sinkt, wächst nun ziemlich schnell der Ausschlag am Milliampèremeter. Ein übersichtliches Bild gibt die Zusammenstellung der Ablesungen für eine Funkenstrecke von 25 cm in Tabelle I und der darnach ausgeführten Figur 5.

Tabelle I.

Magnetisierungsstrom in Ampère	1,0	1,5	2,0	2,5	2,9	3,1 [7]	3,3	3,8
Volt am Hitzdrahtvoltmtr.	30	50	77	105	125	115	100	97
Milliampère . . .	0	0	0	0	0	0,2	0,6	1,35
	keine Funken					Funken		



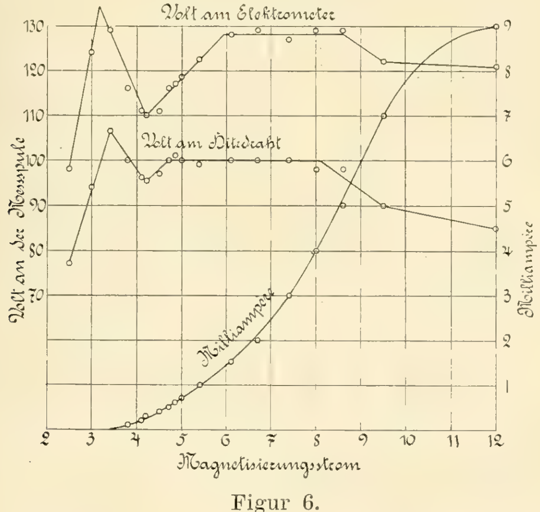
Figur 5.

Erhöht man nun den Magnetisierungsstrom noch weiter, so steigt mit zunehmendem Ausschlag des Milliampèremeters zunächst auch der Voltmeter-Ausschlag wieder ziemlich rasch an, ohne jedoch die frühere Höhe wieder zu erreichen. (Das trifft nur zu für das Hitzdrahtinstrument, während beim Elektrometer der Maximalausschlag beim Funkenübergang fast gleich hoch wird, wie derjenige von demselben.) Nun hält sich die Spannung eine Zeitlang ziemlich konstant, während die Elektrizitätsmenge fortwährend steigt. Dann beobachtet man ein zweites Mal eine ziemlich schnelle Aenderung nach abwärts des Voltmeter-Ausschlages. Diese tritt ein, nachdem der Magnetisierungsstrom bis so weit erhöht worden ist, dass die Entladung eine wirbelnde Form annimmt. Eine charakteristische Uebersicht geben die Tabelle II und Figur 6, die ebenfalls für eine Funkenstrecke von 25 cm ausgeführt wurden.

[7]) Bei 3,0 Amp. schwankte infolge des fortwährenden Umschlagens von Büschellicht nach Funken das Voltmeter zu stark, um ablesen zu können. Bei 3,1 Amp. war der Funke beständig.

Tabelle II.

Magnetisierungs-strom in Amp.	2,5	3,0	3,42	3,8	4,1	4,2	4,5	4,7	4,85	5,0	5,4	6,1	6,7	7,4	8,0	8,6	9,5	12
Volt am Hitzdrahtvoltm.	77	94	106,5	100	96	95,5	97	100	101	100	99	100	100	100	98	98	90	85
Volt am Elektrometer .	98	124	129	116	111	110	111	116	117	118,5	122,5	128	129	127	129	129	122	121
Milliampère . .	0	0	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	9,0
keine Funken				Funken														



Figur 6.

Die Ablesungen am Elektrometer sind nicht einwandfrei, da Ladungen durch die Ionisationsspannung vom Induktorium durch die Luft hindurch das Instrument beeinflussten. Dagegen zeigte sich das Hitzdrahtinstrument für die Messungen recht brauchbar. Zur Vermeidung eines Spannungsverlustes in der Messspule für das 150 Milliampère bei 90° Ausschlag beanspruchende Hitzdrahtinstrument wurde der Querschnitt des Messdrahtes entsprechend grösser genommen.

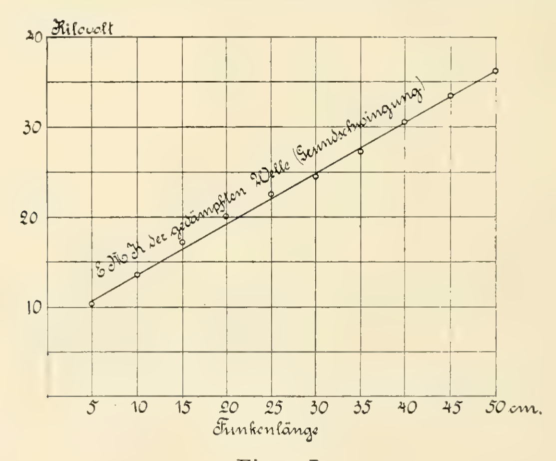
Charakteristisch ist die eine Zeitlang fast vollkommen parallel zur Abszissenachse verlaufende Spannungskurve bei allen Funkenentladungen, obwohl die Elektrizitätsmenge in der Entladung ganz bedeutend geändert wird. Dieses Kurvenstück repräsentiert denjenigen Zustand, in welchem der Widerstand in der ionisierten Funkenstrecke von der Temperatur noch nicht erheblich beein-

flusst wird. Die zunehmende Temperatur in der Funkenbahn drückt sich durch den zweiten Abfall der Spannungskurve aus. Dieser mehr oder weniger parallel zur Abszissenachse verlaufende Kurventeil wurde nun für Funken von 5 bis 50 cm Länge bestimmt. Er gibt uns die Spannung an den Enden der Messspule für die eingestellte Funkenstrecke und durch Multiplikation mit dem Windungsverhältnis der Sekundärspule zur Messspule die elektromotorische Kraft der gedämpften Welle. Die durch eine grössere Messungsreihe als mittlere Werte gefundenen Zahlen sind in der Tabelle III zusammengestellt, und in Figur 7 graphisch aufgetragen.

Tabelle III.

H am Spannungsmesser abgelesen EMK = H · C berechnet für C = 226,5.

Funkenlänge cm	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
H Volt . . .	46	60	76	89	98	108	120	135	148	160
EMK Volt . .	10400	13600	17200	20000	22500	24500	27200	30600	33500	36200



Figur 7.

Bei diesen Messungen wurde das Induktorium in bezug auf den Kondensator möglichst im Normalzustand [8]) erhalten. Nach den Zahlen der Tabelle III ist die elektromotorische Kraft (EMK) der gedämpften Welle im Mittel etwa siebenmal niedriger, als das Funkenpotential.

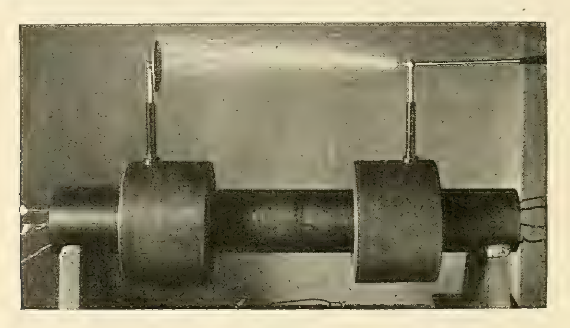
[8]) l. c. XIII, p. 264, l. c. 5, p. 867.

Wie schon erwähnt wurde,[9]) lassen sich die Zahlen der Tabelle III für die praktische Messung der Röntgenstrahlen-Energie mit Erfolg benützen, indem ich nachweisen konnte, dass 1. die Härte der Röntgenstrahlen der EMK der gedämpften Welle direkt proportional ist, und 2. die photochemische Reaktion der Röntgenstrahlen von gleicher spezifischer Härte proportional ist = HJt, wo H die an der Messspule ermittelte Teilspannung (die der Bequemlichkeit halber statt der EMK, die sich aus der Multiplikation von H mit einer Konstanten ergibt, eingesetzt wird), J die Ablesung am Milliampèremeter und t die Expositionszeit bedeuten. Der sich in den Sekundärwindungen ergebende Spannungsverlust müsste streng genommen hierbei in Berücksichtigung gezogen werden. Die Vernachlässigung desselben scheint aber für die praktischen Messungen nicht von Belang zu sein; bei Spulen, die, wie die von mir hergestellten, einen verhältnismässig kleinen Ohm'schen Widerstand, und infolge der sorgfältig durchgeführten Spiralstaffelwicklung eine geringe Selbstinduktion in der Sekundärspule haben. Damit ist der praktische Wert für die Kenntnis der EMK der gedämpften Welle nachgewiesen.

Die Zahlen der Tabelle I und II geben uns auch ein Bild über die Grösse der für die Ionisation verbrauchten Energie in bezug auf die verbrauchte Gesamtenergie bei Funkenentladungen. Nach Tabelle I hatte bei 2,9 Amp. Magnetisierungsstrom das Milliampèremeter noch nicht ausgeschlagen, und bei 3,1 Amp. zeigte das letztere 0,2 Milliampère. Vorausgesetzt, dass die für die Ionisation verbrauchte Energie auch während der Funkenentladung gleich gross bleibt, zu welcher Annahme man nach den früher besprochenen Erscheinungen, wonach die Oberschwingungen auch beim Funkenübergang bestehen bleiben, berechtigt ist, wurden von der Gesamtenergie 93,5 % durch die Ionisationsarbeit verzehrt, während nur 6,5 % für elektrische Energie verbleiben. Ein ähnliches Bild geben die Zahlen der Tabelle II. Bei 3,8 Amp. Magnetisierungsstrom werden 90 % von der Ionisationsarbeit verbraucht. Mit wachsender Intensität im Funken wird das Verhältnis günstiger. So z. B. beträgt nach der gleichen Tabelle bei einem Magnetisierungsstrom von 9,5 Amp. die für die Ionisation verbrauchte Energie nur noch 36 % der gesamten verbrauchten Energie. Diese, für den Widerstand gleichwertig einer atmosphärischen Luftstrecke von 25 cm Länge sich ergebenden Zahlen ändern sich mit dem Widerstand derart, dass mit wachsendem Widerstand die für Ionisation verbrauchte Energie grösser wird. Würde eine Röntgenröhre in

[9]) Vergl. Literaturangabe 5.

die Funkenstrecke geschaltet, so liegen die Verhältnisse ähnlich und die in Röntgenstrahlen verwandelte elektrische Energie muss demnach prozentuell um so kleiner sein, je weniger hoch die Röhre belastet wird, beziehungsweise, je härter die Röhre unter sonst gleichen Verhältnissen ist, während anderseits der Prozentsatz der in Röntgenstrahlen verwandelten elektrischen Energie mit der Belastung der Röhre zunehmen muss. Eine Bestätigung hierfür liegt in den in der Praxis in neuerer Zeit erzielten Erfolgen mit sehr stark belasteten Röhren, wodurch die Expositionszeit von Minuten auf Sekunden, ja bis auf Bruchteile der Sekunde abgekürzt werden kann. Angerer[10]) fand bei seinen mit sehr grosser Sorgfalt ausgeführten Messungen die in Röntgenstrahlen verwandelte elektrische Energie zu nur etwa 0,2 $^0/_{00}$ mit einem Magnetisierungsstrom von 4,15 Amp. bei 110 Volt. Nach dem Vorhergesagten lässt sich das leichter begreifen, denn bei der angegebenen schwachen Belastung



Figur 8.

würden bei einer Röhre von 6 Benoit Härte etwa 80 $^0/_0$ der aufgewendeten elektrischen Energie für die Ionisationsarbeit verbraucht.

Für die Dimensionierung der Induktorien geben diese Untersuchungen neue Anhaltspunkte, nach denen man versuchen muss, die günstigsten Bedingungen für die Ionisationsarbeit und für die eigentliche elektrische Arbeit *getrennt* zu ermitteln, eine Aufgabe, die nach dem Vorhergesagten nicht allzu grosse Schwierigkeiten bieten dürfte.

Ein Beispiel für den grossen Einfluss einer wirksamen Ionisation der atmosphärischen Luftstrecke auf die Funkenentladungen zeigt die Abbildung Figur 8, bei der ein Sekundärspulenpaar, das unter anderen Bedingungen für eine Funkenlänge von 20 cm berechnet ist, noch auf 50 cm Länge kräftige Funkenentladungen durch die Luft schickt. Die Luftstrecke wird hierbei vom Induk-

---

[10]) E. Angerer, Ann. d. Physik *21*, p. 115, 1906.

torium selbst ionisiert und letzteres beansprucht dazu einen erheblichen Teil der aufgewendeten Primärenergie.

Diese Untersuchungen zeigen :

1. dass das Funkenpotential durch Oberschwingungen verursacht wird, und dass die höchsten Oberschwingungen sich nur an den Enden der Primär- und Sekundärspule ausbilden, nicht aber längs den Windungen nach der Spulenmitte hin fortpflanzen; dass ferner aus dem Fortbestehen des Büschellichtes bei den Funkenentladungen auf das Fortbestehen der Oberschwingungen geschlossen werden kann;
2. dass sich deshalb die elektromotorische Kraft der Grundschwingung (gedämpfte Welle) — ohne störende Beeinflussung durch das Funkenpotential — in der Nähe des gemeinsamen Spannungsknotens (d. i. in der Spulenmitte bei symmetrischen Spulenhälften) messen lässt;
3. dass bei einem Induktorium die elektromotorische Kraft und das Funkenpotential der Grösse nach weit auseinander liegen;
4. dass das Induktorium Ionisationsarbeit leisten muss, um mit seiner EMK überhaupt elektrische Energie durch die in Betracht kommenden Widerstände abgeben zu können;
5. dass die Ionisationsarbeit einen Teil der vom Induktorium geleisteten Arbeit darstellt, die je nach Umständen einen sehr hohen Betrag der Gesamtarbeit ausmacht;
6. dass das Funkenpotential die, mit den heutigen Mitteln messbare, untere Grenze der Ionisationsspannung angibt, und dass die Kenntnis des Funkenpotentials in Bezug auf das Induktorium vorwiegend einen konstruktiven Wert hat;
7. dass das Induktorium die Kombination eines *Ionisators* und *Transformators* in sich vereinigt, und sich darin wesentlich vom Wechselstromtransformator unterscheidet;
8. dass die elektromotorische Kraft eines Induktoriums brauchbare Werte für die Messung der von einem solchen Apparat über die Ionisationsarbeit hinaus geleisteten *elektrischen Arbeit* liefert.

Eingegangen 20. Mai 1910.

Ueber die Charakteristiken des elektrischen Lichtbogens und des Glimmlichtes zwischen Kupferelektroden im partiellen Vakuum.

Von

Aug. Hagenbach und H. Veillon.

Vor einiger Zeit hat der eine von uns — Hagenbach (1) — die spektroskopischen Verhältnisse des Kupferbogens bei vermindertem Druck untersucht. Bei den Experimenten war immer ein Voltmeter so eingeschaltet, dass die Elektrodenspannung des Bogens abgelesen werden konnte. Dabei wurde die Beobachtung gemacht, dass das Voltmeter ohne Aenderung des äusseren Widerstandes häufig zwischen gewissen Werten sprungweise spielte. Diese plötzlichen Aenderungen und das Verhalten des Bogens dabei veranlasste uns, auch die elektrischen Verhältnisse des Kupferbogens im partiellen Vakuum genauer zu studieren.

Der Kupferbogen ist zwar schon häufig Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen, aber es schien uns doch noch manches unaufgeklärt. Unsere Untersuchung bestand in der Aufnahme der Charakteristiken d. h. der Volt-Ampèrekurven (V, i-Kurven) und, da die dabei gefundenen Resultate uns zum Teil neu und interessant erschienen, so wollen wir in folgendem kurz darüber berichten.

Es dürfte am Platze sein, zuerst einige Angaben zu machen über Bemerkungen, die wir in der Literatur über den Gegenstand gefunden haben, soweit sie unsere Resultate berühren.

Charakteristiken des Kupferbogens.

Der Uebergang des Bogens zur Glimmentladung ist Gegenstand einer Untersuchung *O. Lehmanns* (2) gewesen. Dabei liess er zwischen Kupferelektroden im partiellen Vakuum den Bogen übergehen. Er sagt in seiner Publikation an einer Stelle: „nicht immer endigt der Lichtbogen auf beiden Seiten in hellen Punkten und Metalldampfbüscheln, vielmehr kann er bei genügend ausgedehnten kalten Elektrodenoberflächen nur auf der einen (positiven oder negativen Seite) einen Metalldampfbüschel haben, auf der andern dagegen aus-

gedehntes Glimmlicht, welches nur das Gasspektrum zeigt." Ferner schreibt er: „Reicht die Wärmeentwicklung nicht mehr aus, um die zur Aufrechterhaltung des Metalldampfbüschels nötige Dampfmenge zu liefern, so muss die Bogenentladung unter Ansteigen der Spannung in Gasentladung übergehen". Hier gibt also *Lehmann* schon an, dass eine Entladungsform möglich ist zwischen dem reinen Bogen und dem eigentlichen Glimmlicht.

Weitere für uns wichtige Bemerkungen finden sich bei *Arons* (3), der den Metallbogen mit einer ganzen Reihe von Metallen brannte und dabei die (V, i) Kurven festzustellen suchte. Der Bogen wurde eingeschlossen in einer Atmosphäre von Stickstoff, Luft oder Wasserstoff, der Druck variiert zwischen 760 und 1 mm. *Arons* gibt an, dass es ihm nicht möglich gewesen sei, die Volt-Ampèrekurven aufzunehmen infolge der Inkonstanz. Er steht auf dem Standpunkte, dass chemische Beziehungen der Atmosphäre (besonders des Stickstoffs) eine grosse Rolle spielen bei dem Zustandekommen des Bogens. Ueber das Aussehen des Bogens sagt er z. B. folgendes: „Bei Zink bestand der Bogen bei Drucken kleiner wie ein Millimeter aus grosser kugeliger beweglicher Flamme, pfirsichblutfarbig und im Innern aus einem blauen Kern." An einer andern Stelle heisst es: „Es überzieht sich die Anode bisweilen mit einer mattgelben Glimmlichthaut, bisweilen setzt die Entladung mit einem blutroten Fleck an." Von Magnesium schreibt er „der blassblaue Bogen geht an der Anode in rosa über". Hier gibt er an, dass mit dieser Aenderung auch eine solche der Elektrodenspannung Hand in Hand gehe. Ohne dass in den äusseren Bedingungen etwas verändert werde, findet er 14 Volt Klemmenspannung und 4,8 Ampère oder 28 Volt und 4,3 Ampère. Er gibt an, dass fast alle Metalle ähnliches zeigen zwischen 1 und 200 mm. Von Kupfer sagt er, dass bei niederem Druck der Bogen manchmal gelblichrosa statt grün sei, und dass dieser scheinbar willkürliche Wechsel Unsicherheit in die Beobachtung bringe. Die meisten Beobachtungen hat *Arons* mit 110 Volt Netzspannung ausgeführt, einige aber auch mit 680 Volt und erhielt damit auch die reine Glimmentladung. Ohne äusseren Grund lösten sich Glimmentladung (440 Volt) und Bogen (88 Volt) ab.

Wir sehen aus diesen Bemerkungen, dass *Arons* ausser dem Glimmlicht mehr wie eine Entladungsform des Bogens gesehen hat, dass er aber nicht systematische zahlenmässige Angaben darüber machen konnte.

In mancher Beziehung aufklärend sind die theoretischen Betrachtungen von *W. Kaufmann* (4) und *H. Th. Simon* (5) gewesen, und es ist darnach verständlich geworden, dass bei ein und dem-

selben äusseren Widerstande und einer gegebenen Netzspannung sowohl Bogen, wie auch reiner Glimmstrom möglich sind.

Im Anschluss an die genannten theoretischen Untersuchungen ist eine Arbeit von *H. W. Malcolm* (6) zu nennen, der auf Veranlassung von *Simon* eine Reihe von Metallen und Kohle in Luft, Stickstoff, Wasserstoff und Wasserdampf als Elektroden bei sehr hoher Netzspannung (bis 5000 Volt) verwandte. Dabei gelang es, in Luft den Glimmstrom zwischen Metallen bei Atmosphärendruck herzustellen.

Für Kohle in Wasserstoff wurde eine Entladungsform gefunden, welche als Zwischenform zwischen Bogen und Glimmlicht bezeichnet wird, indem der an der Kathode gebildete Elektrodendampf noch nicht ausreicht, um den ganzen Lichtbogen auszufüllen, sodass an der Anode noch Glimmstrom besteht. Dieselbe Erscheinung wurde auch bei Metallen in Wasserstoff beobachtet. Es wird hier also die schon von *Lehmann* angegebene Zwischenform, der Glimmbogen, wieder konstatiert. Die Haltbarkeit der Behauptung *Lehmann's*, dass der Glimmansatz sowohl an der positiven wie an der negativen Elektrode einsetzen könne, dürfte nach den jetzigen Kenntnissen als sehr zweifelhaft erscheinen.

Die Theorie des Bogens ist gleichzeitig von *W. Mitkiewicz* (7), *J. Stark* (8) und *J. J. Thomson* (9) vom Elektronenstandpunkte gegeben worden, und darnach lässt sich verstehen, dass ein Mittelding zwischen Bogen und Glimmentladung bestehen kann, wobei an der Anode ein Glimmstrom ansetzt. *Stark* und *Cassuto* (10) haben deutlich gezeigt, dass der Bogen gegen eine kalte Anode z. B. gegen einen Elektrolyten brennen kann, nicht aber gegen eine kalte Kathode.

Genauer verfolgt wurde der Glimmbogen zum erstenmal von *W. G. Cady* und *H. D. Arnold* (11). Während die Untersuchung von *Malcolm* nur mit ganz geringen Stromstärken durchgeführt wurde, so benützen die genannten Forscher auch grössere Stromstärken und nehmen die Charakteristiken für den Glimmbogen und den Bogen zwischen Metallelektroden auf. Sie bezeichnen den Glimmbogen als erstes und den gewöhnlichen Bogen als zweites Stadium und den Punkt, bei dem das erste in das zweite übergeht als kritischen Punkt. Unter Atmosphärendruck kommt das erste Stadium nur bei ganz geringer Stromintensität (kleiner als ein Ampère) vor. Sie sprechen sich über den Glimmbogen zwischen Eisenelektroden folgendermassen aus: „Der eigentliche Bogen hat dann am negativen Ende eine bläulich-weisse Farbe, welche, je mehr man sich der Anode nähert, in ein dunkelblau übergeht. An der Anode ist eine Schicht, die fast voll-

kommen dunkel zu sein scheint. Der Bogen ist von einem gelblichgrünen Mantel umgeben, welcher anscheinend von der Oxydation des Eisens im Bogen selbst herrührt.“ Bei partiellem Vakuum in Stickstoff konnte der kritische Punkt leichter beobachtet werden. Im ersten Stadium wurde ein mattes diffuses Glimmlicht auf der Anode konstatiert, im zweiten war der ganze Bogen leuchtend.

Die Charakteristik des Glimmbogens und des Bogens laufen ein Stück weit parallel, so dass also in diesem Gebiet bei einem gegebenen äusseren Widerstande beide Formen mit einander abwechseln können.

Auch *Ch. Fabry* und *H. Buisson* (12) bemerken, dass der Eisenbogen unter Umständen nur an der Kathode mit einem hellen Punkt ansetze, in welchem Falle die positive Flamme verschwinde und das Voltmeter eine Vergrösserung der Elektrodenspannung anzeige.[1]

M. Toepler (13) stellt im Anschluss an eine Abhandlung von *A. Grau* und *F. Russ* (14) fest, „dass lange Bogen sich aus zwei Entladungsformen zusammensetzen: aus den dampferfüllten Gebieten an den Elektroden mit Bogenlichtcharakter und aus dem im wesentlichen dampffreien Gebiete fern von den Elektroden mit dem Charakter eines Büschellichtbogens.“

Aus allen diesen zitierten Stellen geht hervor, dass bis jetzt zwischen zwei Metallelektroden ausser dem eigentlichen Glimmlicht zwei Arten der Bogenentladung, der gewöhnliche und der Glimmbogen, konstatiert worden sind, von denen jeder eine besondere Charakteristik besitzt.

Ausserdem ist für uns noch einiges interessant, was über den *zischenden* Lichtbogen bekannt ist.

Es scheint im allgemeinen die Ansicht zu herrschen, dass das Zischen des Kohlebogens mit einem Oxydationsvorgang der Kohle Hand in Hand gehe. Besonders Frau *H. Ayrton* (15) und *Lehmann* (2) haben diesen Standpunkt vertreten. Bei Metallelektroden ist der Zischzustand offenbar weniger ausgeprägt und wir haben wenig Angaben darüber gefunden. *Cady* und *Arnold* glaubten zuerst das Zischstadium mit dem Glimmbogen identifizieren zu müssen, haben es aber nachher widerrufen. *W. Upson* (16) macht die bestimmte Bemerkung, dass im Eisenbogen während des Zischens die Elektrodenspannung sinke. Ueber das Zischstadium

---

[1]) Irrtümlicherweise ist in der Abhandlung von A. Hagenbach (l. c.) behauptet worden, dass Buisson und Fabry am positiven Pol die Lichtstärke grösser gefunden hätten; die Angabe von Buisson und Fabry stimmt im Gegenteil mit dem von Hagenbach gefundenen Resultat genau überein.

der Metallbogen scheint überhaupt wenig bestimmtes Beobachtungsmaterial vorzuliegen.

Methode der Untersuchung.

Die Untersuchung wurde ausschliesslich mit Kupferelektroden durchgeführt. Da sich nämlich die Verhältnisse komplizierter gestalteten, als man bis jetzt annahm, so schien es uns zweckmässiger, zuerst die Erscheinungen bei einem Metall festzustellen und aufzuklären. Als Elektroden dienten runde Stäbe aus gewöhnlichem Kupfer von 10 mm Durchmesser. Die Elektroden zeigten nur geringe spektroskopische Verunreinigungen von Silber und Blei. Die Lampe befand sich in einem Kessel eingeschlossen (1), während ihre Reguliervorrichtung durch Stopfbüchsen hindurch nach aussen hervorragte. Vorn am Kessel[2]) war ein Ansatz mit einem Quarzplattenverschluss. Die Elektroden standen vertikal, die negative stets oben, weil es sich als günstiger erwies, die Erwärmung der Anode nicht zu begünstigen.

Die Grösse des Bogens wurde mittels des projizierten Bildes bestimmt; dazu entwarfen wir mit einem photographischen Objektive ein Bild des Bogens auf einen entsprechend vergrösserten Masstab, auf einem weissen Schirm aufgezeichnet, sodass die Länge jederzeit direkt in Millimetern abgelesen werden konnte.

Im Kessel befand sich zuerst gewöhnliche Luft, die mit einer maschinell betriebenen Pumpe auf den gewünschten Druck gebracht werden konnte. Die Luft wurde später durch Kohlensäure oder Stickstoff aus Bomben ersetzt. Als Elektrizitätsquelle diente das städtische Gleichstromnetz mit 220 oder 440 Volt. Mit Vorschaltwiderständen wurde die Stromstärke reguliert. Gemessen wurde die Stromstärke mit einem Siemens'schen Präzisionsampèremeter, die Spannung mit einem Voltmeter der Land- und Seekabelwerke. Je nach der Elektrodenspannung kam ein solches mit einem Bereich von 0—75 oder 0—500 zur Verwendung. Bei letzterem war zwar die Ablesungsgenauigkeit geringer, aber bei raschen Aenderungen die Pendelung der Nadel geringer und dadurch die Einstellung rascher, was sich als sehr vorteilhaft erwies. Das Voltmeter war direkt an den Stromeinführungsstellen im Kessel angeschlossen.

Wie wir später sehen werden, blieb der Bogen meistens nicht dauernd in einem Zustand, sondern die Entladungsformen wechselten oft rasch nach einander ab, so dass für eine zu beobach-

---

[2]) Eine genaue Beschreibung davon findet sich in der zitierten Abhandlung von A. Hagenbach. (1.)

tende Form nur ganz kurze Zeit zur Verfügung stand. Dadurch waren wir gezwungen die Ausführung der Beobachtung zu organisieren. Im gleichen Moment mussten Elektrodenspannung, Bogenlänge, Entladungsart und Stromstärke ermittelt werden. Dies wurde auf drei Beobachter so verteilt, dass einer das Ampèremeter, ein zweiter das Voltmeter auf ein vom dritten Beobachter gegebenes Zeichen ablasen. Der dritte regulierte nämlich den Bogen und betrachtete das auf den Massstab projizierte Bild. War die gewünschte Bogenentladung vorhanden, so gab er das Zeichen zur Ablesung. Der Druck blieb konstant und konnte unmittelbar nachher am Manometer vom Beobachter drei abgelesen werden.

Um die Charakteristiken zu erhalten, wurde meistens bei konstantem Druck der Vorschaltwiderstand so verändert, dass die Stromstärke in Intervallen von ungefähr einem Ampère variierte. Die Versuchsreihen wurden zuerst mit zunehmenden, sodann mit abnehmenden Stromstärken gemacht. Man durfte die Stromstärke nie über 10 Ampère steigern, weil sonst die Kathode schmolz und die Gestalt der Oberfläche sich änderte. Während einer Beobachtungsreihe kam es nur selten vor, dass der Bogen einmal erlosch. Das Entzünden des Bogens geschah durch Kontakt der Elektroden. Die meisten Charakteristiken sind bei 1 cm Bogenlänge aufgenommen.

Während die Mehrzahl der Beobachtungsreihen bei konstantem Druck und variabler Stromstärke durchgeführt wurden, so haben wir eine Reihe bei Konstanthalten der Stromstärke und Verändern des Druckes gemacht. Der Druck im Kessel betrug bei den Messungen: Atmosphärendruck, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 80, 40 und 20 mm. Die Druckmessungen geschahen an einem Barometer, welches mit seiner unteren Oeffnung mit dem Kessel in Verbindung stand.

Unsere Messungen und Beobachtungen liessen erkennen, dass es bei jedem Druck nicht nur eine, sondern mehrere Charakteristiken gibt, und unsere Aufgabe bestand nun gerade darin, den Verlauf derselben festzustellen. Wir haben viele Beobachtungsreihen angestellt, die Resultate graphisch aufgetragen und zum Schluss die Kurven gezogen. Die Genauigkeit der einzelnen Beobachtung ist nicht gross genug, um aus einer einfachen Reihe die Kurven sicher zeichnen zu können, wir haben deshalb zahlreiche Messungen ausgeführt. Man darf nicht vergessen, dass besonders bei grösseren Stromstärken beträchtliche Dampfmengen in den Bogen geschleudert werden, und dass da auch die zufällige Richtung dieses Dampfstrahles die Stromlinien und den inneren Widerstand des Bogens beeinflussen, so dass Elektrodenspannung und Stromstärke eben auch

diesen zufälligen Aenderungen unterworfen sind. Wir haben natürlich bei denjenigen Druckverhältnissen, bei denen die Resultate am reichhaltigsten und interessantesten waren, am meisten Messungen angestellt. Um uns zu orientieren über die Genauigkeit unserer Kurven, haben wir unsere Resultate, die wir bei 100 mm Druck in zwei grossen Beobachtungsreihen erhalten haben, auf zwei Blätter getrennt aufgezeichnet und die Kurven gezogen. Nachher legten wir die beiden Kurvenscharen übereinander und wir konnten konstatieren, dass sie sich fast vollkommen deckten. Es scheint uns nun unnötig, das ganze Zahlenmaterial hier wiederzugeben, wir begnügen uns damit, nur die erhaltenen Kurven zu reproduzieren und wir glauben dies um so eher tun zu dürfen, weil die absoluten Werte doch noch anderen Einflüssen, wie z. B. Temperatur, unterworfen sind und es doch in erster Linie auf die Existenz dieser Kurven und auf deren gegenseitige Lage ankommt. Die Temperatur der Elektroden ändert nämlich die Elektrodenspannung, indem mit steigender Temperatur diese auch zunimmt, wie vor allem die Messungen von *Malcolm* und *Simon* (6), sowie von *Stark* und *Cassuto* (10) deutlich gezeigt haben. Unsere Charakteristiken würden also, auf konstante Temperatur der Elektroden bezogen, steiler abfallen, weil bei grösserer Stromstärke die Erwärmung stärker ist. Bei den verschiedenen Entladungsformen muss der Einfluss ein verschieden grosser sein, weil Anoden- und Kathodenfall jedesmal anders ist und damit auch die in Wärme umgewandelte Energie.

Nach den Angaben von *Guye* (17) und Andern ist die Konstanz der Elektrodenspannung auch besser bei gekühlten Elektroden, kleiner Stromstärke und kurzem Elektrodenabstande. Wir mussten aber den Abstand ziemlich gross wählen, einerseits wegen der Messung des Elektrodenabstandes in der Projektion, und andererseits, weil die verschiedenen Formen des Bogens sich nur bei nicht zu kleinem Abstande gut ausbilden und richtig beurteilt werden können.

Ferner ist noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen. Wenn der Bogen in Luft im abgeschlossenen Raum brennt, so wird die Atmosphäre nach und nach sauerstoffärmer. Diesen Einfluss kann man eliminieren, indem man entweder die Luft beständig durchströmen lässt, was bei passender Hahnstellung bei jedem Druck möglich ist, oder indem man vor jeder Beobachtung Luft zuströmen lässt und mit der Pumpe den gewünschten Druck wieder herstellt. Wir haben beide Methoden mit Erfolg angewandt. Wurde das nicht berücksichtigt, so zeigte sich der Einfluss darin, dass im zweiten Teil jeder Versuchsreihe, d. h. bei abnehmender Stromstärke, nie-

drigere Werte der Elektrodenspannung gefunden wurden als bei zunehmender. Nicht beeinflusst wurde die eine Bogenform, die wir nachher mit 1 bezeichnen (Glimmbogen). Es liess uns das vermuten, dass neben der Verminderung des Partialdruckes des Sauerstoffs auch noch ein anderer Einfluss sich geltend mache, nämlich die Ionisation. Beim Glimmbogen leitet vornehmlich der Stickstoff. Wenn nun die Ionisation des Stickstoffs nur kurze Zeit bestehen bleibt, während die Metallionen sich länger schwebend erhalten, so wäre dadurch eine solche selektive Beeinflussung erklärt. Wir haben aber diesen Punkt nicht weiter verfolgt.

Kupferbogen in Luft.

Resultate. Wir haben durch unsere Untersuchung nachgewiesen, dass der Kupferbogen in Luft unter vermindertem Druck mit Sicherheit in sechs verschiedenen Formen vorkommt. Von fünf Formen ist es uns gelungen, die Charakteristiken aufzunehmen. Die sechste haben wir bestimmt beobachtet. Von einer siebenten Form haben wir Andeutungen gefunden. Neben diesen Formen existiert natürlich noch das reine Glimmlicht. Wir bezeichnen die verschiedenen Bogenarten mit 1, 1a, 2, 2a, 3 und 3a. Die höchste Elektrodenspannung gehört zu 1, die geringste zu 3a. Unsere Resultate sind in den Kurven Figur 1 enthalten und für die nachfolgenden Erläuterungen verweisen wir auf dieselben.

Bei dem Druck einer Atmosphäre sind die Charakteristiken schlecht aufzunehmen, indem der Bogen stark hin und herflackert und dadurch beständig gewissen Schwankungen unterworfen ist. Die Messungen lassen aber doch deutlich erkennen, dass es zwei getrennte Charakteristiken gibt, die ungefähr einander parallel laufen. Die obere der Kurven bezeichnen wir mit 3, die untere mit 3a. Die beiden Kurven sind folgendermassen erhalten. Bei einem gegebenen äusseren Widerstande sprangen Volt- und Ampèremeter zwischen einem Werte der obern und einem der untern Kurve hin und her. Im allgemeinen herrschte die Entladungsform 3; 3a wurde nur immer kurze Zeit beobachtet.

Vermindert man den Druck auf 600 mm, so findet man ungefähr dasselbe. Es treten auch zwei Entladungsformen auf, aber der Bogen brennt schon etwas ruhiger und die Messungen sind sicherer.

Bei 500, 400, 300 und 200 mm Druck finden wir immer die beiden Kurven 3 und 3a. Bei grösseren Stromstärken ist 3a häufiger wie bei den kleineren. Der Abstand der beiden Kurven ist ungefähr konstant; er beträgt rund 4 Volt. Beide Kurven rücken

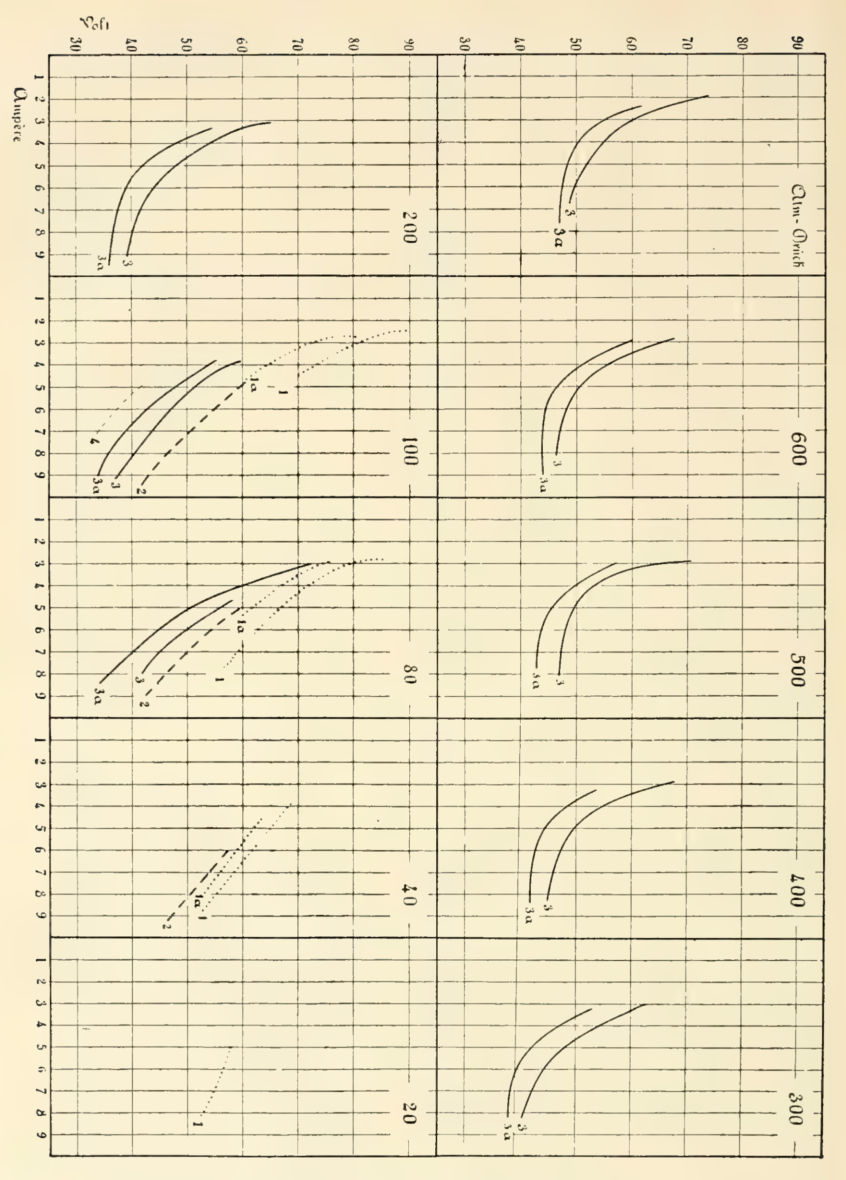


Fig. 1. *Volt-Ampèrekurven für Cu-Bogen in Luft für Drucke von 1 Atm. abwärts bis 20 mm. Bogenlänge 1 cm.*

mit abnehmendem Druck nach unten. Die kleinste Stromstärke, die bei 440 Volt zu erreichen ist, beträgt ca. 3 Ampère bei einer Bogenlänge von 1 cm. Die Gestalt der Kurven ist ungefähr hyper-

bolisch. Bei Stromstärken von etwa 6 Ampère sind die Kurven der Ampèreachse fast parallel.

Bei 100 mm finden wir die beiden Kurven 3 und 3a wieder, aber sie beginnen erst bei 4 Ampère und sind auch bei 9 Ampère noch stark geneigt. Unter 80 mm wird die Krümmung noch geringer; die Minimalstromstärke ist etwa 5 Ampère, die Kurvenstücke sind nahezu Gerade. Bei 40 mm Luftdruck konnten nur noch bei 8 Ampère wenige Punkte gefunden werden. Oberhalb 100 mm war immer eine der beiden Entladungsformen vorhanden, von 100 mm abwärts traten neue Formen hinzu und diese wurden immer seltener, je geringer der Druck. Verminderte man den Druck bis 20 mm, so konnte selbst bis zu 9 Ampère diese Bogenart nicht mehr erhalten werden.

In der Form 3 befindet sich der Bogen im gewöhnlichen Stadium. An der Anode und der Kathode setzt er punktförmig an. An den Elektroden ist die Helligkeit am grössten, das Ansatzbüschel ist weisser wie der übrige Bogen. Die spektroskopische Untersuchung hatte ja ergeben, dass in denselben ausser den Bogenauch die Funkenlinien enthalten sind. Der übrige Teil des Bogens ist schön grün, bei niederem Druck wird er breiter.

Das Stadium 3a ist vor allem durch die veränderte Farbe des Bogens zu erkennen. Der Bogen wird intensiv rot-gelb gefärbt und zeigt eine starke Aureole, die an der Kathode gebildet wird und von dort, je nach der Stromstärke, weiter oder weniger weit in den Bogen hineingeschleudert wird. Von 200 mm an aufwärts finden wir nur diese beiden Stadien 3 und 3a, aber unterhalb treten nun noch andere charakteristische Formen auf. Bei 100 mm sehen wir eine Kurve mit 2 bezeichnet. Sie liegt etwas höher wie die vorher genannten. Dieses Stadium findet sich in dem Druckintervall von 200 mm bis etwa 40 mm bei 1 cm Bogenlänge und 440 Volt Netzspannung. Das Aussehen an der Kathode war in dem Stadium 2 identisch mit dem entsprechenden bei 3, aber an der Anode setzte der Bogen mit einem rosa-violetten Büschel an, das kugelförmige Gestalt hatte. Das Spektrum dieses Büschels ist das Stickstoffbandenspektrum. Dieses Büschel setzte an der Anode punktförmig oder kugelförmig, aber nicht in einer breiten Fläche an.

Neben dieser Form 2 existiert noch eine Art 2a. Sie ist ziemlich selten und besteht immer nur kurze Zeit, so dass wir die Charakteristik nicht aufnehmen konnten; ausserdem haben wir sie erst gegen Schluss unserer Untersuchung richtig erkannt. Wir konnten uns nur qualitativ davon überzeugen, dass ihre (V, i) Kurve unterhalb der von 2 liegt. Bei 2a macht man dieselbe

Beobachtung an der Kathode wie bei 3a, dass sich nämlich von dort aus rotgefärbter Dampf loslöst. Die Kurven von 2 sind wenig gekrümmt. Bei 100 mm konnten sie von 4,5 bis 9 Ampère ermittelt werden, bei 80 mm von 5, bei 40 mm erst von 6 Ampère an.

Zwei weitere Bogenformen sind durch die Kurven 1 und 1a charakterisiert. Sie erscheinen erst von einem Druck von 100 mm abwärts: 1 solange man überhaupt einen Bogen unterhalten kann; 1a wird bei Erniedrigen des Druckes unter 40 mm selten, bei 20 mm haben wir nur noch 1 gefunden. Diese Stadien sind besonders gut ausgeprägt bei geringen Stromstärken und stellen dabei die stabilere Form dar. So finden wir zwischen 2,5 und 3,5 Ampère bei einem Druck von 100 mm nur 1 und 1a, nicht aber die andern, während bei 6 bis 9 Ampère nur 3 und 3a existieren können. Die Formen 2 und 2a bilden sich am häufigsten bei unsern mittleren Stromstärken.

Ob man 220 oder 440 Volt Netzspannung benützt, hat nur den Effekt, dass man bei der höheren Spannung die Kurven nach den kleineren Stromstärken hin etwas weiter verfolgen kann. Bei 1 und 1a haben wir nur noch an der Kathode den typischen punktförmigen Bogenansatz wie bei den übrigen 4 Formen, an der Anode herrscht Glimmentladung. Je nach Stromstärke und Druck wird die Anodenoberfläche mehr oder weniger von einer Glimmlichtschicht überzogen, bei niederem Druck wird die ganze Anode in einen pelzähnlichen violetten Ueberzug eingehüllt. Sie zeigt, wie früher durch Spektrogramme festgestellt wurde, das Stickstoffbandenspektrum. Bei schwachen Strömen und niederem Druck ist nur noch unmittelbar an der Kathode das Kupferspektrum, der ganze übrige Teil des Bogens leuchtet in der „Stickstofffarbe". Mit zunehmender Stromintensität oder zunehmendem Druck dehnt sich die grüne „Kupferfärbung" aus.

Von der Ansatzstelle an der Kathode bei der Form 1 ist zu erwähnen, dass sie, besonders wenn der Bogen zwischen kalten Elektroden mit geringer Ampèrezahl angebrannt wird, in sehr raschem Tempo zwischen zwei oder mehreren Punkten der Metallfläche hin- und herspringt. Die Wechsel erfolgen so rasch, dass man den Eindruck eines vielfachen Bogens gewinnt. Plötzlich, ohne erkenntlichen äussern Grund, kann der Bogen ruhig werden und unter Umständen minutenlang bewegungslos brennen. Zwischen dem ruhigen und dem flackernden Bogen aber besteht in Bezug auf die Charakteristik kein Unterschied.

Springt der Bogen in Form 1a, so wird er breit, steht ganz ruhig und hat die rote Farbe der Aureole. Diese Färbung geht bis zur Anode, hat aber offenbar ihren Ursprung wie bei 2a und 3a

an der Kathode. An der Anode bleibt der Glimmansatz bestehen. Die rote Färbung der drei a-Formen besteht hauptsächlich aus intensiven im rot gelegenen Banden. Es sind vier Banden mit je zwei Kanten, die nach dem roten Ende hin abfallen. Ausserdem sind es eine Reihe schwächerer Banden im grün.

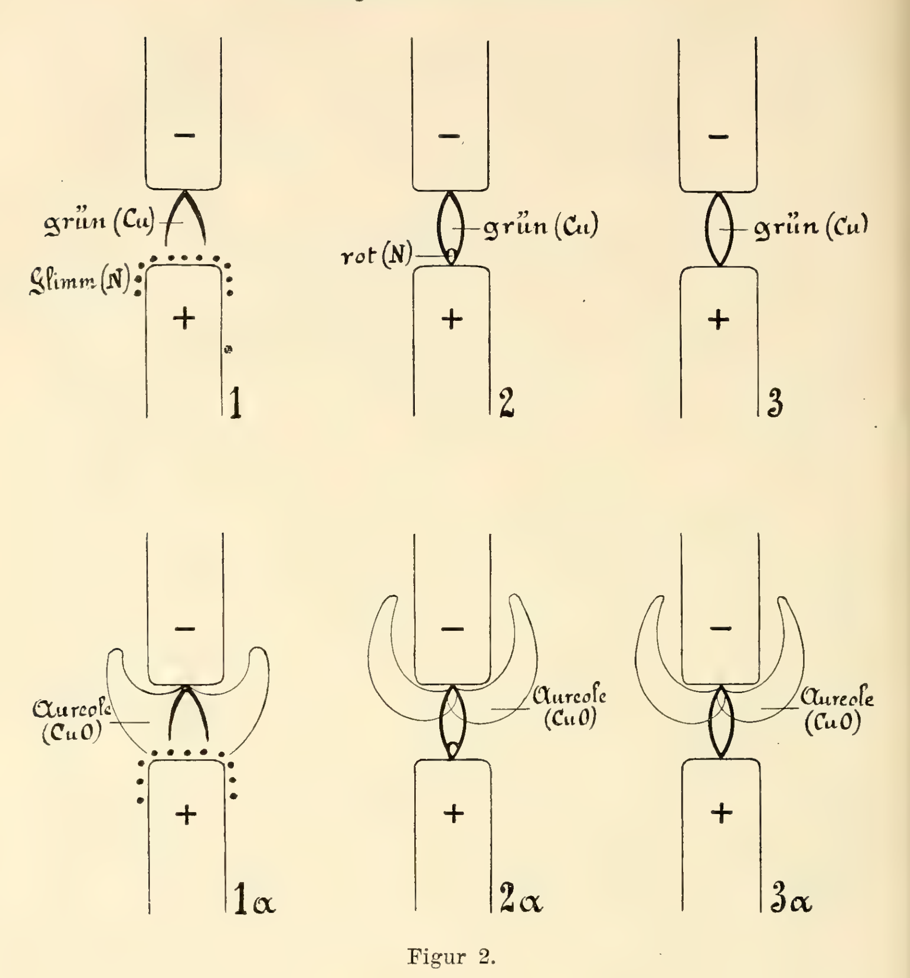
Aussehen der verschiedenen Entladungsformen.

Es war unser Wunsch, hier naturgetreue Abbildungen des Cu-Bogens in seinen sechs verschiedenen Formen zu geben. Wir versuchten es desshalb, mittels Autochromplatten *Photographien in natürlichen Farben* zu erhalten, allein das Resultat war noch zu unvollkommen als dass wir es an dieser Stelle wiedergeben könnten. Die Formen 1, 1 a und 3 lieferten zwar ziemlich annehmbare Bilder; in allen diesen trat das durch Cu hervorgebrachte grüne Licht schön hervor, in 1 und 1 a erkannte man deutlich das violette von N herrührende Glimmlicht und in 1 a sogar die von Cu O stammende Aureole. Die Form 2 entzog sich infolge ihrer flackernden Unruhe der autochromatischen Aufnahme, welche immer einige Sekunden Expositionszeit erheischt. Bei den übrigen Formen sind die Intensitätsunterschiede der verschiedenen Teile des Bogens so sehr verschieden, dass dieselben niemals gleichmässig berücksichtigt erscheinen.

Von Herrn Privatdozent Dr. H. Zickendraht wurden von den sechs Entladungsformen *Bilder in Aquarell* hergestellt. Hiefür, sowie auch für die Bereitwilligkeit, mit welcher er uns öfters in diesen Untersuchungen unterstützte, sprechen wir ihm unsern besten Dank aus.

Von den Formen 1, 1 a, 2, 3 a gelang es auch *gewöhnliche, farblose Photographien* zu erhalten, bei den beiden ersten war eine Gelbscheibe erforderlich, weil sonst das relativ schwach leuchtende Glimmlicht an der Anode nicht zum Ausdruck gekommen wäre. Auch hier wirkte der grosse Intensitätsunterschied der verschiedenen Teile des Bogens störend für die Aufnahmen.

Wegen der Unvollkommenheit aller dieser Darstellungen scheint es uns für das Verständnis zweckdienlicher zu sein, wenn wir uns auf eine *rein schematische Darstellung* des Aussehens der Entladungsformen beschränken. Die Figur 8 enthält eine solche. Die Cu-Elektroden sowie die Bogenlänge sind darin in natürlicher Grösse abgebildet. Der positive Pol war stets unten, der negative oben. Im übrigen gibt die Figur das Wesentliche der Erscheinungen, wenn sie auch nicht imstande ist, eine Vorstellung ihrer Schönheit hervorzurufen.



Figur 2.

Diskussion der Resultate.

Aus dem eben Mitgeteilten ersehen wir, dass der Bogen zwischen Kupferelektroden in Luft bei vermindertem Druck in 6 verschiedenen Formen vorkommen kann. Nicht bei jedem Druck unterhalb einer Atmosphäre sind bei einer Klemmenspannung von 440 Volt alle Formen gefunden worden, doch sind vermutlich alle bei genügend hoher Netzspannung und grossem Vorschaltswiderstande bei jedem Druck erhältlich. Bei 220 oder 440 Volt kommen zwischen etwa 100 und 60 mm Druck sämtliche Stadien vor. Bei 100 mm ist das Bild etwa folgendes: Beträgt die Stromstärke zwischen 3 und 4 Ampère, so spielt die Entladung zwischen 1 und 1a, zwischen 6 und

9 Ampère finden wir ein Wechseln zwischen 2, 3 und 3a. Bei 5 Ampère existieren alle 5 (resp. 6) Formen.

Der Uebergang einer Entladungsform in eine andere erfolgt stets sprungweise. Volt- und Ampèremeter zeigen dabei eine momentane Aenderung. Oft finden in einer Sekunde mehrere Wechsel statt, bald bleibt eine Form minutenlang unverändert. Warum ein Wechsel stattfindet, bleibt aber vollkommen unaufgeklärt. Sämtliche Theorien des Bogens geben darüber keinen Aufschluss, denn mit einer Bemerkung, dass unter gegebenen äusseren Bedingungen mehrere Gleichgewichtsformen möglich seien, umschreibt man nur das, was man eben beobachtet, aber man erklärt es nicht.

Wir haben bei der Beobachtung stets die gewünschte Form abgewartet und dann gleichzeitig die verschiedenen Ablesungen ausgeführt. Es ist ein merkwürdiges und farbenprächtiges Spiel, wie man es auf dem Projektionsschirm beobachtet, ein beständiges sprungweises Aendern der Bogengestalt und Farbe. Die verschiedenen Stadien sehen so verschieden aus, dass eigentlich niemals zweifelhaft war, mit welcher Form man es zu tun hatte, nachdem wir einmal die typischen Erscheinungen im Laufe der Untersuchung kennen gelernt hatten. Wenn etwa eine Unsicherheit in der Beurteilung bestand, so wurde diese stets gehoben, wenn man durch kontinuierliche Aenderung der Stromstärke zu den Verhältnissen kam, bei welchem die zweifelhafte Form „typischer" wurde, d. h. sich von den andern stark unterschied. So finden wir, wie schon erwähnt, 1 und 1a am schönsten ausgeprägt bei 2—3 Ampère, 2 aber bei etwa 5. 2a ist ziemlich selten und bleibt immer nur kurze Zeit, es dient häufiger als Zwischenstadium, wenn 2 in 3a umschlägt. Es kommen alle Umwandlungen vor, es kann also jede Form in jede andre umschlagen, doch treten gewisse Umwandlungen häufiger auf wie andere.

Beim Umspringen ändern sich stets Volt und Ampère, prozentual jedoch die Spannung mehr. In folgender Tabelle sei aus einer Versuchsreihe bei 100 mm Druck bei durchströmender Luft und 440 Volt Netzspannung ein Beispiel gegeben, was bei Konstanthalten des äusseren Widerstandes Volt- und Ampèremeter anzeigten. Die Zahlen sind Mittelwerte aus mehreren hintereinander gemachten Ablesungen.

Bogenform	Ampère	Volt	Voltampère
1	4,86	69,7	339
1a	4,95	60,8	303
2	4,99	61,0	304
3	5,02	54,7	275
3a	5,15	46,0	237

In der letzten Kolonne ist die Energie gerechnet, welche durch den Bogen geht. Sie nimmt in der angegebenen Reihenfolge ab. 1a und 2 sind in diesem Beispiel gleich gross, denn die Genauigkeit ist jedenfalls kleiner wie 1/3 Prozent. Die grösste Gesamthelligkeit für das Auge ist aber in 3a und die kleinste in 1. Nach *Cady* und *Arnold* (11) ist auch bei Eisen die Energie im ersten Stadium — entspricht unserem 1 — grösser als im zweiten Stadium — entspricht unserem 3.

Die Auffassung, welche wir von diesen scheinbar komplizierten Verhältnissen gewonnen haben, ist kurz folgende. Die gemessene Elektrodenspannung ist stets die Summe von Anodenfall plus Kathodenfall plus Gefälle im eigentlichen Bogen. Es existieren nun für Kupfer im Bogen drei mögliche von einander verschiedene Anodengefälle und zwei Kathodengefälle.

An der Kathode ist das eine der normale Kathodenfall, während das zweite der Kathodenfall am Kupferoxyd ist. Der erstere beträgt nach *Child* (18) 14 Volt. Wenn der zweite Kathodenfall vorhanden ist, der niedriger ist wie der erste, so befindet sich der Bogen im Stadium des Zischens. Wir konnten das Zischen beim Bogen im Kessel nicht hören, hingegen haben wir uns wenigstens bei Atmosphärendruck überzeugt, dass in der Form 3a ein Zischen vorhanden ist. Die Erscheinung ist aber weniger ausgeprägt wie beim Kohlebogen. Das Zischen und damit Hand in Hand gehend die Erniedrigung der Elektrodenspannung beruhte also beim Kupfer auf der Oxydation der Kathode, und die drei Formen 1a, 2a und 3a wären die Zischformen von 1, 2 und 3.

Ayrton hat den zischenden Kohlebogen untersucht und erklärt das Zischen durch die Oxydation, eine Ansicht, welche schon von *Lehmann* vertreten wird. Nach *Luggin* (19) und *Ayrton* tritt die Oxydation und die damit verbundene Erniedrigung der Elektrodenspannung an der A n o d e auf. Man muss aber bedenken, dass beim Kohlebogen der Anodenfall grösser ist und dadurch dessen Temperatur höher. Deshalb muss also beim Kohlebogen die Oxydation zuerst an der Anode, beim Kupferbogen zuerst an der K a t h o d e eintreten.

Die Charakteristiken des zischenden Kohlebogens sind von *Ayrton* als Gerade gefunden worden, welche sich nicht bis in das Gebiet des normalen Bogens verfolgen lassen. Beim Kupferbogen lassen sie sich auch in dem Gebiet der kleinen Stromstärken studieren, sie zeigen die ähnliche Krümmung wie die des gewöhnlichen Kupferbogens.

Die spektroskopische Beobachtung der 3 Zischformen ergab stets das Auftreten der intensiven Banden im rot und einiger

schwächerer im grün. Diese Banden sind schon früher von *A. Hagenbach* und *H. Konen* (20) dem Kupferoxyd zugeschrieben worden. Wir erwähnen noch, dass diese Banden in der eigentlichen Aureole, also in der Flamme, welche vom Bogen aufsteigt, immer enthalten sind, und dort ist wohl sicher anzunehmen, dass vor allem Oxydationsprozesse vor sich gehen. *Cady* und *Arnold* schreiben auch bei Eisenbogen den grünlich-gelben Mantel der Oxydation des Eisens zu. Aufnahmen, welche einer von uns mit dem Spektrographen von dieser Aureole gemacht hat, zeigen ebenfalls eine Gruppe von unscharfen Banden im rot und gelb.

Der Kathodenfall ist also demnach kleiner gegen Kupferoxyd wie gegen Kupfer, demnach liegen die drei a-Formen tiefer wie die dazu gehörenden andern. Die Bemerkung von *Upson* (16), dass im Eisenbogen während des Zischens die Elektrodenspannung sinke, stimmt also mit unserer Auffassung vollkommen überein. Entscheiden können wir natürlich vorläufig nicht, ob der Oxydationsprozess oder das oxydierte Kupfer die Schuld der Aenderung des Kathodenfalls trägt. Für das Zischen muss man den Oxydationsvorgang verantwortlich machen.

Wenn durch den Oxydationsprozess nur der Kathodenfall geändert würde, so müssten die (V, i) Kurven der Zischformen den andern genau parallel verlaufen. Dies ist nun nicht ganz der Fall und ist auch nicht zu erwarten, denn das verdampfte Kupferoxyd wird eine andere Leitfähigkeit besitzen wie das Kupfer, und das kann den Potentialgradienten im Bogen ändern und, wenn das Kupferoxyd bis an die Anode geschleudert wird, sogar auch noch den Anodenfall etwas beeinflussen. Zieht man die Elektroden bis auf mehrere Zentimeter auseinander, so kann man sehr gut erkennen, dass die roten Wolken bei 2a und 3a nur von der Kathode ausgehen und von den aufsteigenden Gasen nach oben getrieben werden. Je grösser die Stromstärke, um so weiter schiessen die Dämpfe in den Bogen hinein. Bei der 1a-Form scheint immer der ganze Bogen rotgelb gefärbt. Es ist aber erklärlich, wenn man in Betracht zieht, dass diese Form nur bei kleinen Stromstärken und niederen Drucken eintritt, wo die aufströmende Gasmasse kleiner ist und zudem weniger erwärmt. Hier tritt offenbar die vorhin erwähnte Beeinflussung des Bogens durch das Kupferoxyd ein, denn 1 und 1a sind nicht mehr parallel, die beiden Kurven kommen sogar zum Schnitt, wie wir häufig konstatiert haben (vergl. Fig. 4).

Die Temperatur der Kathode muss immer so hoch sein, dass an der Ansatzstelle des Bogens Kupfer resp. Kupferoxyd verdampft.

Der Uebergang von 1 nach 2 und 3 entspricht aber einer Aenderung des Anodenfalls. Befindet sich die Elektrode auf so hoher Temperatur, dass sie verdampft, so besteht der normale Anodenfall, der nach Messungen von *Child* (18) 11 Volt beträgt. Dies ist der Fall in dem Stadium 3. Besteht also normaler Anoden- und Kathodenfall, so haben wir die Entladungsform 3, findet aber Oxydation an der Kathode statt, so haben wir die Zischform 3a.

Bei der Form 2 ist an der Anode ein grösserer Potentialsprung vorhanden. Die Temperatur der Anode ist geringer, wie bei 3 und es verdampft offenbar kein Kupfer mehr, oder sehr wenig. Der Bogen setzt punktförmig an mit einem leuchtenden Büschel von Stickstoff. Dieser Bogenansatz ist, soweit wir die Literatur kennen, bis jetzt noch nie beobachtet worden. Vielleicht hat *Arons* die Erscheinung einmal gesehen, doch lässt es sich aus seinen Angaben nicht ermitteln, da alle systematischen und quantitativen Angaben fehlen.

Unsere Beobachtungen in Stickstoff, die nachher noch beschrieben werden, haben uns gezeigt, dass diese Bogenform bei relativ hohen Drucken (500 mm und mehr) sehr stabil auftritt. Das Büschel setzt ganz spitz an der Anode an und ragt weit in den Bogen hinein. Zieht man den Bogen in Stickstoff lang aus, so leuchtet die Hälfte des Bogens in der Farbe des Stickstoffs, die andere Hälfte in der des Kupfers. In Luft ist der Ansatz weniger spitz wie in Stickstoff, er ist mehr kugelförmig. Von 2 nach 1 gibt es keinen kontinuierlichen Uebergang.

Bei der Form 1 tritt an der Anode Glimmlicht ein. Diese Form, die man als Glimmbogen bezeichnet hat, ist von Mehreren beobachtet worden. Wie schon in der Einleitung erwähnt, liegen Messungen von *Cady* und *Arnold* vor. Wir nehmen wenigstens an, dass das sogenannte erste Stadium von *Cady* und *Arnold* unsere Form 1 ist, während ihr zweites Stadium unserm dritten identisch sein muss. Nach ihnen ist bei Eisen das erste Stadium besser ausgeprägt wie bei Kupfer. Wir teilen aber nicht die Ansicht der beiden Forscher, wenn sie sagen: „Der Uebergang von einem Stadium zum andern ist dem Zischpunkt des Kohlebogens ähnlich.“ Wir glauben aber, dass der Zischpunkt der Kohle ebensogut wie des Kupfers auf der Oxydation im ersten Fall der Anode, im zweiten der Kathode beruht, dass aber der Glimmbogen beim Kupfer auf einem andern Anodenfall basiert, und dass also das erste Stadium von *Cady* und *Arnold* gar nichts zu tun hat mit dem Zischen.

Es gibt nun auch zum Glimmbogen 1, oder was dasselbe sagt zum ersten Stadium von *Cady* und *Arnold,* noch eine Zischform,

hervorgerufen durch die Oxydation der negativen Elektrode. Von dieser Form 1a haben wir nirgends etwas erwähnt gefunden. *Cady* und *Arnold* bezeichnen die Uebergangsstelle in den Charakteristiken vom ersten ins zweite Stadium als kritischen Punkt. Diese Bezeichnung verliert nun ganz ihre Bedeutung nach unsern Untersuchungen, da die beiden Kurven 1 und 3 weit über einander verfolgt werden können und man also nicht von einem Punkt sprechen kann.

Einen Beweis, dass wir in dieser Entladungsform wirklich Glimmansatz an der Anode haben, glauben wir in folgendem zu sehen. Der normale Anodenfall im Kupferbogen (Form 3) beträgt 11 Volt. Wenn 3 in 1 umschlägt, so vergrössert sich im Durchschnitt die Elektrodenspannung um 12 Volt.[3]) Der Anodenfall betrüge demnach im Glimmbogen 23 Volt. Von *Skinner* (21) wurde in reinem Stickstoff der Anodenfall im Glimmlicht für Kupferelektroden bestimmt und zu 20 bis 30 Volt je nach Druck von 1 bis 3 mm ermittelt. Das steht also in guter Uebereinstimmung mit unserm im Glimmbogen gefundenen Wert. Eine ganz genaue Uebereinstimmung ist übrigens gar nicht zu erwarten, da der Anodenfall ja etwas verschieden sein kann im Glimmbogen gegenüber der reinen Glimmentladung, weil er durch die hohe Temperatur, durch das ultraviolette Licht und die Zusammensetzung des Gases an der Anode beeinflusst sein kann.

Nach unserer Auffassung existieren also drei Anodengefälle und zwei Kathodengefälle (Kupfer und Kupferoxyd) und demnach 6 verschiedene Bogenformen. Ein strenger Beweis für unsere Ansicht kann unseres Erachtens nur durch gesonderte Messungen von Anoden- und Kathodenfall bei dem Umschlagen von einer Form in eine andere erbracht werden, und es sind deshalb im hiesigen Institut derartige Messungen in Angriff genommen worden.

Dass die a-Formen nur eintreten, wenn eine Oxydation möglich ist, haben wir durch die Untersuchung des Kupferbogens in Stickstoff bewiesen.

Kupferbogen in Stickstoff.

Um den Bogen in Stickstoff zu brennen, verbanden wir den Kessel mit einer Stickstoffbombe von der Firma *Kahlbaum* (Berlin). Ein eingeschaltetes Quecksilberventil sorgte dafür, dass in den Zuleitungen kein Ueberdruck entstehen konnte und eine Flasche mit Phosphorsäureanhydrid hielt die etwa vorhandene Feuchtigkeit zurück. Der Kessel wurde vor der Füllung ausge-

---

[3]) In Stickstoff ist die Zahl gleich.

pumpt und dann mit durchströmendem Stickstoff die Resten von Luft noch entfernt.

Die Messungen in Stickstoff wurden in erster Linie ausgeführt um festzustellen, ob die Zischformen wegbleiben, wenn der Sauerstoff fehlt. Nach öfterem Ausspülen und längerem Brennen erschienen tatsächlich nur die Formen 1, 2 und 3. Nur bei Atmosphärendruck zu Beginn der Untersuchung hat einige male 3a eingesetzt. Spuren von Kupferoxyd konnten aber mit Leichtigkeit an den Elektroden sein. Unter vermindertem Druck ist nachher kein einziges Mal mehr eine der a-Formen zustande gekommen.

Das Gesamtbild in Stickstoff ist insofern anders, als alles nach höheren Volt verschoben ist. Mit der Netzspannung von 440 Volt konnten wir die Kurven weiter nach Kleinen i verfolgen. Selbst unter Atmosphärendruck erhielten wir bei kleinen Stromstärken die Form 1. Die Form 2 tritt sehr stabil auf bei einem Druck 400 bis 500 mm. Sie ist geradezu die am besten ausgeprägte von allen und zum Studium dieser neuen Form dürften sich diese Verhältnisse besonders gut eignen. Unterhalb 200 mm werden die Messungen in Stickstoff sehr ungenau, der Bogen schwankt ungeheuer hin und



Fig. 3. *Volt-Ampèrekurven für Cu-Bogen in Stickstoff. Druck 1 Atm. und 500 mm. Bogenlänge 1 cm.*

her. Wir wollen deshalb nur von 2 Drucken, nämlich 760 und 500 die Charakteristiken wiedergeben in Fig. 3. Die Kurve der Form 1 rückt auch hier mit abnehmendem Druck nach unten wie bei Luft. Unter 70 mm gelingt es nicht mehr, den Bogen zu erhalten, ausser vielleicht bei grossen Stromstärken; es tritt immer reines Glimmlicht ein, worüber nachher noch berichtet wird.

Das wesentliche für den Stickstoff ist also die Tatsache, dass auch hier die drei Charakteristiken 1, 2 und 3 existieren, und dass bei Konstanthalten von Druck und äusserem Widerstand der Bogen zwischen diesen 3 Stadien abwechselt ohne äussere Veranlassung. Die drei anderen Formen aber treten nicht ein. In Luft kommen sie eben nur zustande durch die Gegenwart des Sauerstoffs, der die Kathode oxydiert.

Kupferbogen in Kohlensäure.

Das Verhalten des Bogens in Kohlensäure ist ähnlich wie in Luft. Die Charakteristiken liegen aber alle höher. Anoden- und Kathodenfall sind offenbar grösser, denn die Erhitzung der Elektroden ist stärker. Es genügt z. B. schon bei 50 mm ein Strom von 4 Ampère, um beide Elektroden rotglühend zu machen; die Elektrodenspannung beträgt dabei 100 Volt, die Entladungsform ist Glimmbogen. Die Form 1 kommt aber entsprechend der stärkeren Erhitzung weniger leicht, denn sobald die Anode verdampft, tritt 3 auf. Die Zischformen 1a und 3a kommen in Kohlensäure auch zustande und das Spektroskop zeigt dabei dieselben Banden im rot. Kohlensäure wird offenbar teilweise zersetzt und Sauerstoff zur Oxydation der erhitzten Kathode verwendet. Wir haben uns mit der qualitativen Untersuchung begnügt.

Ergänzungen.

Eine weitere Frage ist, ob nicht an der Anode auch durch Oxydation der Anodenfall verkleinert werden kann. Wir können sie mit einiger Wahrscheinlichkeit bejahen. Bei hohen Stromstärken in Luft haben wir bemerkt, dass eine Anzahl Punkte, die wir mit 3a bezeichnet hatten, wesentlich zu tief lagen gegenüber den andern Punkten der Kurve. Es wäre nun leicht möglich, dass diese Punkte dem Bogen Kupferoxyd-Kupferoxyd angehörten. In der Fig. 1 haben wir einige dieser Punkte durch Kurve 4 bei 100 mm verbunden. Die Beurteilung bei grossen Stromintensitäten ist schwierig, weil beim Zischen meistens der Bogen stark deformiert wird, und grosse Dampfmengen in den Bogen geschleudert werden, so dass die von der Kathode herrührende Flamme bis zur

Anode reicht und nun nicht zu sehen ist, ob sich auch an der Anode die Farbe des Bogens ändert. Diese Form mitgerechnet, kann also der Bogen bei einem Druck in 7 verschiedenen Stadien existieren.

Veränderung der Bogenlänge.

Wir haben unsere Untersuchung nicht nur auf 1 cm Bogenlänge beschränkt, sondern wir haben auch bei grösseren und kleineren Abständen Charakteristiken aufgenommen. Es würde aber nicht viel Interessantes zeigen, würden wir alle derartigen Kurven hier

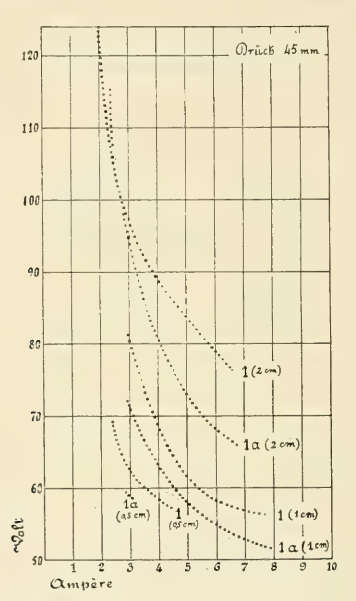


Fig. 4. *Volt-Ampèrekurven für die Formen 1 und 1 a des Cu-Bogen in Luft bei konstantem Druck von 45 mm und für die Bogenlängen ½, 1, 2 cm.*

wiedergeben. Wir begnügen uns, die Charakteristiken für 1 und 1 a bei einem Druck von 45 mm in Fig. 4 zu reproduzieren, die Bogenlängen betragen dabei 2, 1 und 0,5 cm. Auch sieht man hier, worauf wir früher schon aufmerksam gemacht haben, dass 1 und 1 a zum Schnitt kommen.

Bei grossem Elektrodenabstand setzt der Glimmbogen leichter ein wie der normale, bei kleinem Abstande umgekehrt. Es ist das leicht verständlich, denn die Elektronen, welche von der Kathode ausgehen, erreichen bei grossem Elektrodenabstande in geringerer Zahl die Anode, weil ein grösserer Prozentsatz zur Ionisierung der Dampf- und Luftmoleküle im Bogen verwendet wird; das Bom-

bardement der Anode ist geringer, ihre Temperatur sinkt leichter unter die Verdampfungstemperatur, wobei der Glimmbogen einsetzt.

Mathematische Formeln für die Charakteristiken.

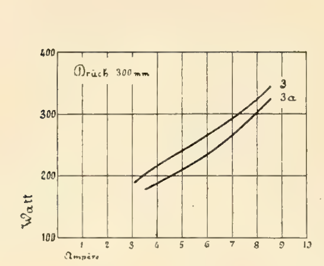
Von den verschiedenen Formeln, welche für die Charakteristiken aufgestellt worden sind, hat die von *H. Ayrton* am meisten Anwendung gefunden. Sie gibt die Abhängigkeit der Elektrodenspannung von Bogenlänge und Stromstärke. Sie lautet

$$V = a + b\,l + \frac{c + d\,l}{i}$$

a, b, c und d sind Konstanten, l Bogenlänge und i Stromstärke. Diese Gleichung ist für den Kohlebogen aufgestellt worden, hat sich aber auch nach den Angaben von *Guye* und *Zebrikoff* (17) für mehrere Metalle bestätigt. Die *Ayrton*'sche Formel kann aber nur gelten, wenn die Energiekurven (Watt-Ampèrekurven) und die Watt-Bogenlängekurven Gerade sind. *Malcolm* hat die Energiekurven für verschiedene Metalle, worunter auch für Kupfer, aufgestellt, findet aber keine Gerade, sondern Kurven, welche schwach gegen die Ampèreachse konkav sind. *Upson* hingegen, der den Bogen zwischen gleichartigen und ungleichartigen Elektroden (Kohle und Metalle) in Luft, Wasserstoff und Leuchtgas einer Untersuchung unterzieht, findet die Energie- und Volt-Bogenlängekurven überall als Gerade.

In Fig. 5 und 6 sind einige aus unsern Beobochtungen entnommene Watt-Ampèrekurven gegeben. Die 3 und 3a Form unter 300 mm zeigen ungefähr eine Gerade, unter 80 mm und ebenso bei 100 mm (hier nicht gezeichnet) sind sie aber nach der Ampèreachse konkav. Die Energiekurven der 1 und 1a Form weichen weder bei 80 mm noch bei 45 mm, selbst für die verschiedenen Bogenlängen 2, 1 und 0,5 cm kaum von der Geraden ab. Je nach der vorhandenen Entladungsform und je nach den Bedingungen wie Druck etc. scheinen die Energiekurven mehr oder weniger von der Geraden abzuweichen und das Gesetz hat offenbar keine allgemeine Bedeutung. Auch ist die Genauigkeit der meisten Beobachtungen nicht genügend. So finden wir z. B., dass *Grau* und *Russ* im Kupferbogen in Luft bis zu Bogenlängen von 5 cm die Energiekurven als Gerade angeben und die *Ayrton*'sche Formel bestätigen, während *M. Töpler* mit denselben Zahlen nachweist, dass mit der gleichen Genauigkeit wie die Ayrton'sche Formel auch seine für den Büschellichtbogen aufgestellte von der Form

$$V = a + \frac{b}{\sqrt{i}}\,l$$



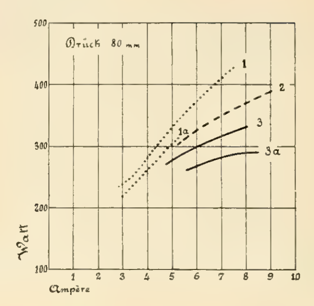


Fig. 5. *Watt-Ampèrekurven für Cu-Bogen in Luft für 300 mm und 80 mm Druck. Bogenlänge 1 cm.*

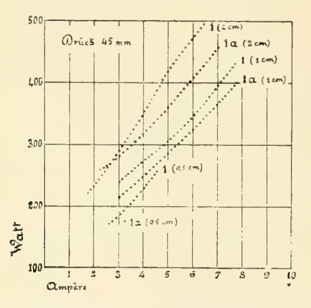


Fig. 6. *Watt-Ampèrekurven für die Formen 1 und 1 a des Cu-Bogens in Luft. Bogenlängen* ½, *1, 2 cm.*

erfüllt wird, wobei a und b Konstanten, i die Itensität und l die Bogenlänge bedeuten.

Als zweite Bedingung für die *Ayrton*'sche Formel ist die zuerst von *Fröhlich* (22) angegebene geradlinige Abhängigkeit von Elektrodenspannung und Bogenlänge, oder, was dasselbe sagt, der Watt und Bogenlänge bei konstanter Stromintensität. *Guye* und *Zebri-*

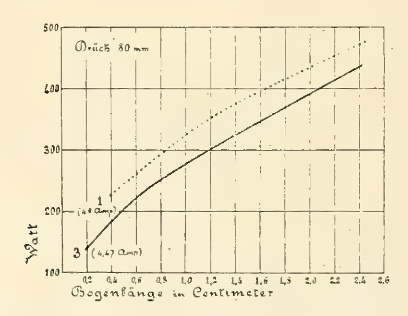


Fig. 7. *Watt-Bogenlängekurven. Cu-Bogen in Luft. Entladungsformen 1 und 3.*

koff haben für Kupfer bis zu 4 mm Bogenlänge Gerade gefunden. Unsere Resultate sind in Fig. 5 aufgezeichnet. Die obere punktierte Kurve enthält die Resultate des Glimmbogens (1) bei einer konstanten Stromstärke von 4,5 Ampère, einem Druck von 80 mm und für Bogenlängen von 4 bis 25 mm. Die untere Kurve gilt für die Form 3 für eine konstante Stromstärke von 4,47 Ampère, demselben Druck und für Bogen von 2 bis 24 mm. Die beiden Kurven sind angenähert parallel, aber gegen die Bogenlängenachse konkav.

Also auch die von *Fröhlich* aufgestellte Gesetzmässigkeit ist offenbar nur ein Annäherungsgesetz.

Dass übrigens die *Ayrton*'sche Formel für Kupfer nicht allgemein gelten kann, ersieht man sofort aus den Charakteristiken der Fig. 1. Für konstante Bogenlänge geht die *Ayrton*'sche Formel über in $Vi = \text{konst.}$, d. h. die Charakteristiken müssen alle Hyperbeln sein. Dass dies vom Druck 100 mm an abwärts nicht mehr der Fall ist, ersieht man sofort.

Die Volt-Druckkurven.

Duncan, Rowland und *Todd* (23) haben für den Kohlebogen von 0 bis zu 10 Atmosphären Druck in Luft einige Volt-Druckkurven gegeben. Sie zeichnen wenigstens bei den grösseren Bogenlängen ein Minimum in der Nähe von einer Atmosphäre. Da sie über den Grad der Evakuation keine Angaben machen, so kann diesen untern Enden der Kurven keine grosse Bedeutung zugeschrieben werden.

Wir haben nun für die verschiedenen Formen aus unsern Charakteristiken der Fig. 1 die Volt-Druckkurven abgeleitet. Sie sind in Fig. 8 wiedergegeben.

Die Kurven der Entladungsformen 1 und 1a steigen mit steigendem Druck anfangs und werden nachher konstant oder überschreiten ein Maximum (wenigstens bei den 1a-Werten). Je kleiner die Stromstärke, um so niedriger liegt die Kurve. Bei den Formen 2, 3 und 3a ist das Verhalten gerade umgekehrt, sie laufen durch ein Minimum. Bei 3 und 3a wandert das Minimum mit wachsender Stromstärke nach kleineren Drucken. Wir beschränken uns auch hier wie überall darauf, die Resultate in Form von Kurven wiederzugeben.

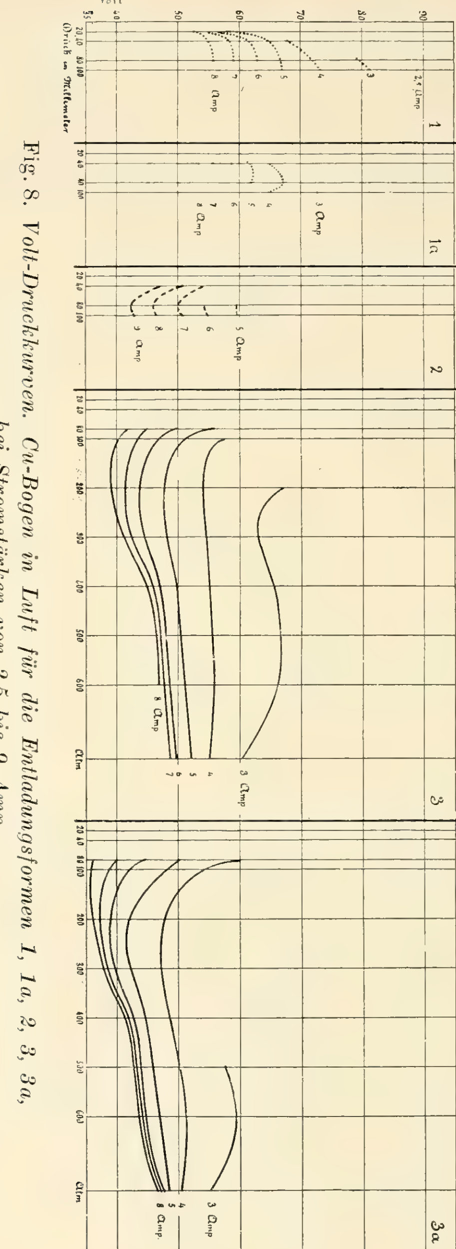


Fig. 8. Volt-Druckkurven. Cu-Bogen in Luft für die Entladungsformen 1, 1a, 2, 3, 3a, bei Stromstärken von 2,5 bis 9 Amp.

Glimmentladung.

Vermindert man die Stromstärke durch Zuschalten von Widerstand, so erlischt der Bogen bei einer ganz bestimmten Stromstärke oder aber er schlägt in Glimmentladung über. Nach der heutigen Auffassung des Bogenmechanismus nimmt man ja an, dass dies eintritt so bald die durch positive Ionen zugeführte Energie nicht mehr genügt, um die Kathode an der Oberfläche bis zum Verdampfen zu erhitzen. Bei einer Netzspannung von 220 Volt ist dieses Umschlagen nie erfolgt, wohl aber bei 440, besonders wenn der Elektrodenabstand klein war. Wir haben die Glimmentladung in Luft, Kohlensäure und Stickstoff beobachtet.

In *Luft* erhält die Kathode einen blauvioletten Ueberzug, das negative Glimmlicht, das je nach Stromstärke einen grösseren oder kleinern Teil der Elektrode überzieht. Es hat fleckiges Aussehen, wenn die Oberfläche der Elektrode wegen verschiedener Stromdichte teilweise oxydiert ist, es ist aber bei frisch geputzter Elektrode gleichmässig. An der Anode erschien ein rötlicher Wulst, der sich bei geeigneter Verdünnung als Schicht ablöste. Spektrophotogramme, welche von den einzelnen Partieen getrennt aufgenommen wurden, zeigten an der Anode nur die positiven Stickstoffbanden, an der Kathode die positiven und die negativen gemischt.

Mit 440 Volt konnte der Elektrodenabstand bei 100 mm nur bis 0,2 cm erweitert werden, bei 20 mm aber bis 0,5 cm ohne dass der Bogen erlosch.

Glimmlicht- und Bogencharakteristiken lassen sich über ein ganzes Stück parallel verfolgen, wie schon *Cady* und *Arnold* hervorheben. Wenn man die Verhältnisse passend wählt, so spielt es auch zwischen den beiden Entladungen hin und her, d. h. es schlägt sowohl Glimmlicht in Bogen um als auch umgekehrt. Die Charakteristik des Glimmlichtes ist bei höherem Druck fallend, bei niederem steigend, was durch folgende Angaben erläutert sei.

Druck 80 mm, durchströmende Luft Elektrodenabstand 0,5 cm		Druck 45 mm Elektrodenabstand 1 cm	
Volt	Ampère	Volt	Ampère
405	0,16	398	0,37
402	0,20	398	0,41
400	0,29	398	0,47
400	0,38	392	0,49
390	0,48	390	0,56

Druck 1 mm
Elektrodenabstand 1 cm

Volt	Ampère
399	0,033
401	0,036
404	0,045
410	0,051
415	0,070
417	0,075
417	0,083

Simon und *Malcolm* machen die Bemerkung, dass bei Kupfer in Wasserstoff bisweilen die Kathodenschicht der Glimmentladung die Form einer gezähnten Kreiselscheibe besass. Wir haben einmal bei Kupfer in Luft dieselbe Erscheinung beobachtet und zudem rotierte sie. Wurde der Strom verstärkt, so hörte die Rotation auf, bei noch stärkerem Strom rotierte sie in umgekehrter Richtung. Wir haben das höchst auffällige Phänomen nicht weiter verfolgt.

Die Glimmentladung in *Kohlensäure* erfordert ein bedeutend höheres Potential als in Luft (zirka 430 Volt) und ist deshalb nur bei ganz niederem Druck mit 440 Volt möglich. Das negative Glimmlicht ist rotviolett gefärbt, an der Anode ist eine grünliche Lichterscheinung. Die Beobachtung mit dem Spektroskop zeigt die Swanbanden. Wir haben keine Messungen gemacht.

In *Stickstoff* ist die Elektrodenspannung geringer wie in Luft. Es stimmt das mit den Messungen von *A. Herz* (24) überein, wonach das Potentialgefälle im Glimmlicht durch Sauerstoff erhöht wird. Wir konnten bis 300 mm Druck das Glimmlicht verfolgen. Hier einige Daten:

Druck 300 mm Abstand 0,2 cm

Volt	Ampère
390	0,22

Druck 200 mm Abstand 0,2 cm

Volt	Ampère
388	0,31
372	0,51

Druck 70 mm Abstand 0,5 cm

Volt	Ampère
379	0,20
394	0,31
382	0,67

Wir haben also überall schwach fallende Charakteristik. Wir änderten ferner bei konstantem äusseren Widerstand die Elektrodendistanz und erhielten folgende Reihe:

Volt	Ampère	Elektrodenabstand
350	0,38	0,1 cm
360	0,34	0,2 ,,
373	0,30	0,3 ,,
383	0,25	0,4 ,,
398	0,20	0,5 ,,
410	0,13	0,6 ,,

Bei etwa 70 mm Druck lassen sich die verschiedenen Teile im Glimmlicht schön unterscheiden. Man sieht bei passendem Elektrodenabstand z. B. den Crookes'schen Dunkelraum in Gestalt einer feinen schwarzen Linie die Kathode umhüllen. Evakuiert man weiter, so kommt man leicht über das Optimum hinaus und das Glimmlicht ist schlechter entwickelt.

Zusammenfassung und Schluss.

Durch unsere Untersuchung ist festgestellt, dass zwischen Kupferelektroden in Luft (und Kohlensäure) 6 charakteristische Kurven für die Bogenentladung existieren. Drei davon, welche wir als Entladungsformen 1, 2 und 3 bezeichnet haben, sind durch die drei möglichen Anodengefälle charakterisiert. Der Anodenfall von 1 ist der des Glimmstromes, der von 3 ist derjenige des normalen Bogens, und der von 2 ist dazwischenliegend, und bis jetzt ist davon noch nicht festgestellt, ob er sonst auch vorkommt. Die Ansatzstelle an der Anode leuchtet demnach bei 1 im positiven Glimmlicht (Stickstoffbandenspektrum), bei 3 als Bogen (Kupferlinienspektrum), bei 2 besteht sie in einem kugeligen Büschel, der aber punktförmig und nicht in einer Fläche die Anode berührt. Die Farbe dieses Büschels ist durch das Stickstoffbandenspektrum bedingt. Diese 3 Formen kommen auch in einer Stickstoffatmosphäre zustande. Zu jeder dieser Formen gibt es eine Zischform, welche durch Oxydation der Kathode entsteht. Kupferoxyd hat einen geringeren Kathodenfall, deshalb liegen diese Kurven unter den entsprechenden andern. In Stickstoff treten diese Entladungsformen nicht auf. Als wahrscheinlich wurde noch angegeben der Bogen zwischen oxydierter Anode und Kathode (Kurve 4 in Fig. 1).

Alle diese Formen haben wir bei einem Druck von 100 mm in Luft mit einer Netzspannung von 440 Volt bei einer Strom-

stärke von 5 Ampère konstatiert. Ohne bekannte äussere Veranlassung wechselt der Bogen zwischen diesen genannten Formen sprungweise. Ein allmählicher Uebergang der einen Form in eine andere kommt nicht vor. Mit derselben Spannung kann man in Stickstoff schon bei viel höherem Druck — 500 mm — alle 3 Formen, 1, 2 und 3 erhalten. Hat man eine sehr hohe Netzspannung zur Verfügung, so wird man jedenfalls auch bei Atmosphärendruck in Luft alle Stadien finden können.

Die früher schon erwähnte Theorie des Bogens lässt diese Beobachtungen teilweise leicht erklären.

Wenn die Energie der in den gegen Anode und Kathode beweglichen Ionen gross genug ist, damit die beim Aufprallen produzierte Wärme die Elektroden zum Verdampfen bringt, so entsteht der normale Bogen, die Form 3. Genügt an der Anode die Energie nicht mehr, so entsteht der Glimmbogen, unsere Form 1. Dass also bei geringerer Stromstärke leichter 1 als 3 auftritt, ist klar. Nicht ohne weiteres zu erklären scheint uns aber die Tatsache, dass bei Druckverminderung für eine gegebene Stromstärke der Glimmbogen leichter erscheint. Die Ionisation nimmt doch offenbar mit abnehmendem Druck zu, die freie Weglänge nimmt auch zu, so dass man daraus nicht leicht schliessen kann, dass die Energie kleiner werden soll. Man muss offenbar weitere unbewiesene Annahmen machen. Man könnte vermuten, dass die Ansatzstelle an der Anode verbreitert wird, wodurch die Wärmeproduktion auf eine grössere Fläche verteilt wird und dann die Temperatur weniger leicht bis zum Siedepunkt steigt. Ferner lässt sich annehmen, dass beim geringeren Druck die Diffusion der Luftmoleküle in den Bogen stärker erfolgt, und dass die Ionisation der Luft einen grösseren Teil der Energie aufbraucht wie die Ionisation des Kupferdampfes. Dadurch würde die Anodenoberfläche weniger Energie erhalten.

Die von uns als 2 bezeichnete Form lässt sich durch die Bogentheorie nicht erklären. Wir wollen uns vorläufig aller Vermutungen enthalten. Es wird notwendig sein, neues Beobachtungsmaterial zu schaffen, bevor man die theoretischen Spekulationen erweitert.

Literaturangaben.

1. *A. Hagenbach;* Phys. Zschr. *10,* p. 649, 1909.
2. *O. Lehmann;* Wied. Ann. *55,* p. 361, 1895.
3. *L. Arons;* Ann. d. Phys. *1,* p. 700, 1904.
4. *W. Kaufmann;* Ann. d. Phys. *2,* p. 158, 1900.
5. *H. Th. Simon;* Phys. Zschr. *6,* p. 297, 1905.
6. *H. W. Malcolm* und *H. Th. Simon;* Phys. Zschr. *8,* p. 471, 1907.
7. *W. Mitkiewicz;* Journ. Russ. Phys. Chem. p. 506 u. 675, 1903.
8. *J. Stark;* Ann. d. Phys. *12,* p. 673, 1903.
9. *J. J. Thomson;* Conduction of electricity trough gases p. 418.
10. *J. Stark* und *L. Cassuto;* Phys. Zschr. *5,* p. 264, 1904. Vergl. auch Rasch, Phys. Zschr. *6,* p. 438, 1905.
11. *W. G. Cady* und *H. D. Arnold;* Phys. Zschr. *8,* p. 890, 1907.
12. *Ch. Fabry* und *H. Buisson;* C. R. *146,* p. 751, 1908.
13. *M. Toepler;* Phys. Zschr. *9,* p. 372, 1908.
14. A. *Grau* und *F. Russ;* Phys. Zschr. *9,* p. 107, 1908.
15. Mrs. *H. Ayrton;* The electric arc, London, p. 287ff.
16. *W. Upson;* Phil. mag. *14* (6), p. 126, 1907.
17. *G. E. Guye* und *L. Zebrikoff;* Arch. de Genève, 1907. Hier findet sich auch eine Literaturzusammenstellung über den Bogen bis 1906.
18. *Child;* Phys. Rev. *10,* p. 151, 1900 und *12,* p. 149, 1901.
19. *Luggin;* Wien. Sitzungsber. *98,* p. 1192, 1889.
20. *A. Hagenbach* und *H. Konen;* Atlas der Emissionsspektren. p. 24, Nr. 231.
21. *Skinner;* Wied. Ann. *68,* p. 752, 1899.
22. *Fröhlich;* Elektrotechn. Zschr. *4,* p. 150, 1883.
23. *L. Duncan, A. J. Rowland* und *R. J. Todd;* Elektrotechn. Zschr. *14,* p. 603, 1893.
24. *A. Herz;* Wied. Ann. *54,* p. 244, 1895.

Eingegangen 10. Mai 1910.

Ueber unimodulare, lineare Substitutionen.

Von

Rudolf Fueter.

Im folgenden sollen alle unimodularen, ganz- und rationalzahligen linearen Substitutionen einer Variablen ω betrachtet werden:

$$\omega_1 = \frac{\alpha\omega + \beta}{\gamma\omega + \delta} = \begin{pmatrix}\alpha\beta\\ \gamma\delta\end{pmatrix}\omega; \quad \text{wo } \alpha\delta - \beta\gamma = +1$$

und α, β, γ, δ ganze rationale Zahlen sind. Die Substitution wird abgekürzt durch

$$s = \begin{pmatrix}\alpha\beta\\ \gamma\delta\end{pmatrix}$$

bezeichnet. Wenden wir auf ω_1 noch eine weitere Substitution $s_1 = \begin{pmatrix}\alpha_1\,\beta_1\\ \gamma_1\,\delta_1\end{pmatrix}$ an, so wird

$$s_1\,\omega_1 = s_1\,s\,\omega = \frac{\alpha_1\,\dfrac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta} + \beta_1}{\gamma_1\,\dfrac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta} + \delta_1} \quad \text{und} \quad s_1\,s = \begin{pmatrix}\alpha\alpha_1 + \gamma\beta_1, & \alpha_1\beta + \delta\beta_1\\ \gamma_1\alpha + \gamma\delta_1, & \gamma_1\beta + \delta\delta_1\end{pmatrix}$$

Die Substitution $s_1 s$ wird das *Produkt* der beiden Substitutionen s und s_1 genannt. Eine einfache Rechnung zeigt, dass $s s_1$ wieder eine unimodulare Substitution ist. *Die linearen unimodularen Substitutionen bilden daher eine Gruppe.* Das Produkt ist im allgemeinen nicht von der Reihenfolge der Faktoren unabhängig (im allgemeinen $s_1 s \neq s s_1$).

Wir wollen im folgenden einen einfachen Beweis des fundamentalen Satzes geben:

Jede unimodulare lineare Substitution lässt sich als Produkt von lauter Substitutionen der beiden Formen

$$\begin{pmatrix}1\,1\\ 0\,1\end{pmatrix} \text{ und } \begin{pmatrix}0\;\;1\\ -1\;0\end{pmatrix}$$

schreiben. Man nennt letztere die Grundsubstitutionen. Auf eine Variable ω angewandt, lautet der Satz auch so: ω *geht in*

$\frac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta}$ *über, wenn man auf* ω *in richtiger Reihenfolge die beiden Grundsubstitutionen*

$$(\omega : \omega + 1) \quad \text{und} \quad \left(\omega : -\frac{1}{\omega}\right)$$

endlich oft anwendet.

Dieser Satz kann einfach mittels Kettenbrüche bewiesen werden, wie schon seit längerer Zeit bekannt ist; z. B. vergl. *Klein*, Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie.[1]) Allein Klein hat seine Entwicklung nur für spezielle Fälle der Vorzeichen und Grössenverhältnisse von α, β, γ, δ durchgeführt. Der allgemeine Fall lässt sich in der dortigen Weise nicht so elegant erledigen. Ganz anders verhält es sich, wenn man eine andere Art Kettenbrüche einführt, die allerdings den Fall $\alpha\delta - \beta\gamma = -1$ ganz ausschliessen, die dafür aber eine Anwendung in der Theorie der Modulfunktionen gestatten. *Minkowski*[2]) hat von einem ganz andern und viel allgemeinern Gesichtspunkte Kettenbrüche behandelt, die die hier gegebenen und die gewöhnlichen verbinden.

In 1. werden die Kettenbrüche allgemein definiert; in 2. auf rationale Zahlen angewendet und etwas erweitert; 3. bringt den obigen Fundamentalsatz und 4. die Anwendung auf die Modulfunktion $\eta(\omega)$.

1. Es sei ω eine positive oder negative reelle Zahl $\neq 0$, und a_0 die kleinste ganze rationale Zahl $\geqq \omega$. Dann ist

$$\omega = a_0 - \frac{1}{\omega_1}, \quad \text{wo } \omega_1 > 1.$$

Ebenso sei, falls $\omega_1 \neq \infty$, a_1 die kleinste ganze rationale Zahl $\geqq \omega_1$ und

$$\omega_1 = a_1 - \frac{1}{\omega_2}, \quad \text{wo } \begin{cases} \omega_2 > 1 \\ a_1 \geqq 2 \end{cases}$$

In der Weise fährt man fort:

$$\omega = a_0 - \cfrac{1}{a_1 - \cfrac{1}{a_2 - \ddots - \cfrac{1}{a_{\nu-1} - \cfrac{1}{\omega_\nu}}}} \quad \text{wo } \begin{cases} a_i \geqq 2 & i = 1, 2, \cdots \nu - 1 \\ \omega_\nu > 1 \end{cases}$$

---

[1]) Ausgearb. von *Sommerfeld*, Göttingen 1896, p. 29 u. ff.

[2]) *Minkowski:* Ueber die Annäherung an eine reelle Grösse durch rat. Zahlen. Math. Ann., Bd. 54, p. 91 u. ff., 1901.

Setzt man

$$\frac{P_\nu}{Q_\nu} = a_0 - \cfrac{1}{a_1 - \cdot \, _{\cdot} \, _{\cdot} - \cfrac{1}{a_{\nu-1}}}$$

wo P_ν und Q_ν ganze rationale Zahlen ohne gemeinsamen Teiler, und $P_\nu \geqq 0$, $Q_\nu > 0$ für $\omega > 0$; $P_\nu \leqq 0$, $Q_\nu > 0$ für $\omega < 0$ seien, so heisst $\frac{P_\nu}{Q_\nu}$ der ν^{te} Näherungsbruch von ω. Man findet leicht die beiden Rekursionsformeln:

$$\left.\begin{array}{l} P_\nu = a_{\nu-1} P_{\nu-1} - P_{\nu-2} \\ Q_\nu = a_{\nu-1} Q_{\nu-1} - Q_{\nu-2} \end{array}\right\} ; \quad P_0 = 1, \; Q_0 = 0 \tag{1}$$

Dieselben ergeben durch Elimination von $a_{\nu-1}$:

$$P_\nu Q_{\nu+1} - P_{\nu+1} Q_\nu = P_{\nu-1} Q_\nu - P_\nu Q_{\nu-1} = \ldots = Q_1 P_0 = +1$$

oder

$$P_\nu Q_{\nu+1} - P_{\nu+1} Q_\nu = +1 \tag{2}$$

$|P_\nu|$ *und* Q_ν *wachsen mit* ν *über alle Grenzen.* Denn da $a_\nu \geqq 2$, so ist

$$|P_\nu| = a_{\nu-1} |P_{\nu-1}| - P_{\nu-2}| \geqq 2 |P_{\nu-1}| - |P_{\nu-2}| \geqq |P_{\nu-1}|$$
$$Q_\nu = a_{\nu-1} Q_{\nu-1} - Q_{\nu-2} \geqq 2 Q_{\nu-1} - Q_{\nu-2} > Q_\nu$$

Sobald einmal $|P_{\nu-1}| > |P_{\nu-2}|$ kann in der 1. Ungleichung zuletzt niemals mehr das Gleichheitszeichen eintreten. Letzteres kann aber nicht immer eintreten, da $\omega \neq 0$.

P_ν *und* Q_ν *sind teilerfremd* (siehe (2)).

2. Es sei speziell $\omega = \frac{\beta}{\delta}$, wo β und δ ganze rationale teilerfremde Zahlen seien. Ist $\omega < 0$, so sei $\beta < 0$, $\delta > 0$. Dann hört die Entwicklung etwa für $m = \nu$ auf; es ist wegen (2):

$$\frac{\beta}{\delta} = a_0 - \cfrac{1}{a_1 - \cdot \, _{\cdot} \, _{\cdot} - \cfrac{1}{a_m}} \qquad \text{und } \delta \; P_m - \beta \, Q_m = +1.$$

Wir nennen die so erhaltenen P_m und Q_m eine *Grundlösung* der Gleichung $\delta x - \beta y = 1$. Im Falle $\delta = 1$, $\beta = a_0$ ist $P_m = 1$, $Q_m = 0$. Immer ist aber nach 1.

$$|P_m| < |\beta|; \; Q_m < \delta \tag{3}$$

Lässt man bei der in 1. definierten Kettenbruchentwicklung von ω für $\omega_\nu > 1$ auch das Gleichheitszeichen zu:

$$\omega_\nu \geqq 1$$

was nur bei rationalen Zahlen ω, dann aber immer eintritt, so ist die Entwicklung nicht mehr eindeutig. In der Tat kann man dann in der Kettenbruchentwicklung von $\frac{\beta}{\delta}$ an Stelle von a_m setzen:

$$a_m = a_m + 1 - \cfrac{1}{2 - \cfrac{1}{2 - \ddots - \cfrac{1}{2 - \cfrac{1}{1}}}}$$

wo beliebig viele Nenner 2 eingeschaltet werden können. Berechnen wir auch hierfür die Näherungsbrüche. Es ist:

$$\begin{cases} P_{m+1} = (a_m + 1)\ P_m - P_{m-1} = \beta + P_m \\ Q_{m+1} = (a_m + 1)\ Q_m - Q_{m-1} = \delta + Q_m \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_{m+2} = 2\,P_{m+1} - P_m = 2\,\beta + P_m \\ Q_{m+2} = 2\,Q_{m+1} - Q_m = 2\,\delta + Q_m \end{cases}$$

. . . .

$$\begin{cases} P_{m+\tau} = \tau\beta + P_m \\ Q_{m+\tau} = \tau\,\delta + Q_m \end{cases}$$

Nehmen wir $(\tau - 1)$ mal den Nenner 2, so wird

$$\begin{cases} P_{m+\tau+1} = P_{m+\tau} - P_{m+\tau-1} = \beta \\ Q_{m+\tau+1} = Q_{m+\tau} - Q_{m+\tau-1} = \delta \end{cases} \qquad (4)$$

Wir setzen

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = P_m + \tau\,\beta = P_{m+\tau} \\ \gamma = Q_m + \tau\delta = Q_{m+\tau} \end{array} \right\}; \text{ dann ist } \alpha\delta - \beta\gamma = +1 \qquad (5)$$

Hieraus folgt der **Satz:** *Es sei P_m, Q_m die Grundlösung von $x\delta - y\beta = 1$, und*

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = P_m + \tau\beta \\ \gamma = Q_m + \tau\delta \end{array} \right\} \text{ also } \alpha\delta - \beta\gamma - 1$$

wo τ jede beliebige positive Zahl sein kann. Dann kann man den positiven oder negativen Bruch $\frac{\beta}{\delta}$ stets so in einen endlichen Kettenbruch entwickeln, dass der letzte Näherungsbruch $\frac{\beta}{\delta}$, der vorletzte $\frac{\alpha}{\gamma}$ ist.

3. Diesen Satz verwenden wir zur Lösung unseres Problemes. Es sei $s = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$ eine beliebige unimodulare Substitution. Da

$$\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\alpha & -\beta \\ -\gamma & -\delta \end{pmatrix}$$

dürfen wir immer eine der vier Zahlen als positiv annehmen. Wir setzen

$$\delta \geqq 0 \tag{6}$$

a) $\underline{\delta = 0}$; $\beta = -\gamma = \pm 1$; $s = \begin{pmatrix} \alpha & \pm 1 \\ \mp 1 & 0 \end{pmatrix}$; $\omega_1 = s\omega = \pm \alpha - \frac{1}{\omega}$.

Diese Substitution erhält man, wenn man α mal die Substitution $(\omega : \omega \pm 1)$ und hierauf $\left(\omega : -\frac{1}{\omega}\right)$ anwendet. Da aber

$$\omega - 1 = -\cfrac{1}{1 - \cfrac{1}{1 - \cfrac{1}{\omega}}} \tag{7}$$

durch $(\omega : \omega + 1)$ und $\left(\omega : -\frac{1}{\omega}\right)$ ausgedrückt werden kann, so haben wir in diesem Fall den Satz bewiesen.

b) $\underline{\delta > 0}$. Wir haben zwei Fälle zu unterscheiden:

I. $\gamma \geqq 0$. Man entwickle $\frac{\beta}{\delta}$ nach 2. in einen Kettenbruch. P_m, Q_m sei die Grundlösung. Dann muss

$$\alpha = P_m + \tau\beta$$
$$\gamma = Q_m + \tau\delta$$

Da $\delta > 0$, $\gamma \geqq 0$, $Q_m < \delta$ (wegen (3)), muss auch $\tau \geqq 0$. Nach dem Satz in 2. kann der Kettenbruch von $\frac{\beta}{\delta}$ dann so beschaffen sein, dass der letzte Näherungsbruch gleich $\frac{\beta}{\delta}$, der vorletzte gleich $\frac{\alpha}{\gamma}$ ist; d. h. nach (4) und (5)

$$P_{m+\tau+1} = P_{m+\tau} - P_{m+\tau-1} = \beta;\ P_{m+\tau} = \alpha$$
$$Q_{m+\tau+1} = Q_{m+\tau} - Q_{m+\tau-1} = \delta;\ Q_{m+\tau} = \gamma$$

Dann ist

$$\omega_1 = s\omega = \frac{\alpha\omega + \beta}{\gamma\omega + \delta} = a_0 - \cfrac{1}{a_1 - \cfrac{1}{a_2 - \ddots - \cfrac{1}{a_m + 1 - \cfrac{1}{2 - \ddots - \cfrac{1}{2 - \cfrac{1}{\omega + 1}}}}}}.$$

Denn der Wert des Kettenbruches ist:

$$\frac{P_{m+\tau}(\omega + 1) - P_{m+\tau-1}}{Q_{m+\tau}(\omega + 1) - Q_{m+\tau-1}} = \frac{\alpha\omega + \beta}{\gamma\omega + \delta}$$

II. $\underline{\gamma < 0}$. Man entwickle $\frac{-\alpha}{-\gamma}$ in einen Kettenbruch. Es sei $(P_m \, Q_m)$ die Grundlösung, also

$$-\gamma P_m + \alpha Q_m = 1\,; \quad \begin{cases} \beta = P_m - \alpha \cdot \tau \\ \delta = Q_m - \gamma \cdot \tau \end{cases}$$

Da $\delta > 0$, $-\gamma > 0$, $Q_m < -\gamma$ (wegen (3)), so muss $\tau \geqq 0$ sein. Also kann in $\frac{-\alpha}{-\gamma}$ der letzte Näherungsbruch zu $\frac{\alpha}{\gamma}$ der vorletzte zu $\frac{\beta}{\delta}$ gemacht werden; d. h. nach (4) und (5):

$$P_{m+\tau+1} = P_{m+\tau} - P_{m+\tau-1} = -\alpha;\; P_{m+\tau} = \beta$$
$$Q_{m+\tau+1} = Q_{m+\tau} - Q_{m+\tau-1} = -\gamma;\; Q_{m+\tau} = \delta$$

Dann ist:

$$\omega_1 = s\omega = \frac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta} = a_0 - \cfrac{1}{a_1 - \cfrac{1}{a_2 - \cdots - \cfrac{1}{a_m + 1 - \cfrac{1}{2 - \cfrac{1}{2 - \cdots - \cfrac{1}{2 - \cfrac{1}{1 - \cfrac{1}{\omega}}}}}}}}$$

Denn der Wert des Kettenbruches ist

$$\frac{P_{m+\tau}\left(1 - \frac{1}{\omega}\right) - P_{m+\tau-1}}{Q_{m+\tau}\left(1 - \frac{1}{\omega}\right) - Q_{m+\tau-1}} = \frac{-\alpha\omega - \beta}{-\gamma\omega - \delta}$$

In jedem Falle ist also $\omega_1 = s\,\omega$ in einen Kettenbruch entwickelt, der, wie man sofort sieht, nur die Substitutionen $(\omega : \omega + 1)$ und $\left(\omega : -\frac{1}{\omega}\right)$ gebraucht. Denn auch wenn a_0 negativ ist, kann man die Substitution $(\omega : \omega - 1)$ nach (7) durch die Grundsubstitutionen ausführen.

4. *Anwendung auf die Theorie der Modulfunktionen.*

Von der Funktion

$$\eta(\omega) = e^{\frac{\pi i \omega}{12}} \prod_{1,\infty}^{\nu} \left(1 - e^{2\pi i \omega \nu}\right),$$

die für alle ω mit positivem Imaginärteil definiert ist, kennt man die beiden Funktionalgleichungen[3])

$$\begin{aligned} \eta(\omega+1) &= e^{\frac{\pi i}{12}}\,\eta(\omega) \\ \eta\left(-\frac{1}{\omega}\right) &= \sqrt{-i\omega}\;\eta(\omega) \end{aligned} \qquad (8)$$

Man kann hieraus mit Hilfe der Kettenbruchentwicklung 3. auch $\eta\left(\frac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta}\right)$ durch $\eta(\omega)$ ausdrücken, wo $s = \binom{\alpha\,\beta}{\gamma\,\delta}$ eine beliebige unimodulare Substitution $(\alpha\delta - \beta\gamma = 1)$ ist. Wir wollen uns etwa auf den Fall $\delta > 0$, $\gamma > 0$ beschränken. Dann ist

$$\frac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta} = a_0 - \cfrac{1}{a_1 - \cdots - \cfrac{1}{a_m + 1 - \cfrac{1}{2 - \cdots - \cfrac{1}{2 - \cfrac{1}{\omega+1}}}}}$$

Berechnen wir sukzessive die Werte von $\eta(\omega)$ mittelst (8), indem wir gemäss der Kettenbruchentwicklung die Substitutionen

$$(\omega : \omega + a_0)\,;\ \left(\omega ; -\frac{1}{\omega}\right);\ (\omega : \omega + a_1)\,;\ \left(\omega : -\frac{1}{\omega}\right); \text{ u. s. f. machen:}$$

$$(\omega : \omega + a_0)\,;\ \eta\left(\frac{P_0\,\omega + P_1}{Q_0\,\omega + Q_1}\right) = \eta(\omega + a_0) = e^{\frac{\pi i a_0}{12}}\,\eta(\omega)$$

$$\left(\omega : -\frac{1}{\omega}\right);\ \eta\left(\frac{P_1\,\omega - P_0}{Q_1\,\omega - Q_0}\right) = \eta\left(a_0 - \frac{1}{\omega}\right) = e^{\frac{\pi i a_0}{12}}\sqrt{-i\omega}\,\eta(\omega)$$

$$(\omega : \omega + a_1)\,;\ \eta\left(\frac{P_1\,\omega + P_2}{Q_1\,\omega + Q_2}\right) = e^{\frac{\pi i}{12}(a_0 + a_1)}\sqrt{-i(\omega + a_1)}\,\eta(\omega)$$

$$\left(\omega : -\frac{1}{\omega}\right);\ \eta\left(\frac{P_2\,\omega - P_1}{Q_2\,\omega - Q_1}\right) = e^{\frac{-\pi i}{12}(a_0 + a_1)}\sqrt{Q_2 - Q_1}\,\eta(\omega)$$

. . . .

$$\eta\left(\frac{P_{m+\tau}\,\omega - P_{m+\tau-1}}{Q_{m+\tau}\,\omega - Q_{m+\tau-1}}\right) = \varepsilon\sqrt{Q_{m+\tau}\,\omega - Q_{m+\tau-1}}\;\eta(\omega)$$

---

[3]) Vergleiche hiezu etwa Weber, Algebra, Bd. III, p. 113. Einfache Beweise der zweiten Formel sind von Eppstein und mir gegeben worden. Jahresber. d. D. M. V. XVIII, 1909, Heft 9/10, p. 411 u. ff.

wo ε eine bestimmte 12. Einheitswurzel. Macht man hier schliesslich noch die Substitution $(\omega : \omega + 1)$, so wird wegen (4) und (5):

$$\eta\left(\frac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta}\right) = \varepsilon\sqrt{\gamma\omega+\delta}\;\eta(\omega)$$

Die Einheit ε ist eine sehr wichtige und merkwürdige Grösse, die zum erstenmale von *Hermite*[4]) berechnet worden ist. Sie erscheint hier als Funktion der a_ν und lässt sich vielleicht in dieser Form einfach berechnen.

---

[4]) *Weber.* Algebra, III., p. 125.

Eingegangen 26. Januar 1910.

Ueber eine Klasse von Kurven.

Von

O. Spiess.

Eine Strecke mit den Endpunkten A und B, die in einer Ebene gleitet, werde aus einer ersten Lage $A_1 B_1$ durch irgendwelche Bewegung in eine zweite Lage $A_2 B_2$ übergeführt. Dabei überstreicht die Strecke eine Fläche, deren Inhalt wesentlich abhängt von der Art der Ueberführung. Wir stellen nun die Frage:

Bei welcher Art von Bewegung hat die überstrichene Fläche den absolut kleinsten Inhalt?

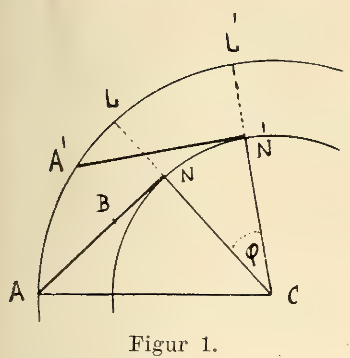
Zunächst erledigen wir einen *trivialen Fall.* Wenn nämlich die festen Strecken $A_1 B_1$, $A_2 B_2$ der gleichen Geraden angehören und gleich gerichtet sind, so genügt es, die bewegliche Strecke *(Gleitstrecke)* in ihrer eigenen Richtung zu verschieben. Dabei ist die beschriebene Fläche $= 0$, also sicher ein absolutes Minimum.

Sind aber $A_1 B_1$, $A_2 B_2$ in parallelen Geraden g_1, g_2 gelegen und gleichgerichtet, so verschiebe man die Gleitstrecke von $A_1 B_1$ an in g_1 bis ins Unendliche, und von dort auf g_2 zurück bis $A_2 B_2$. Dabei ist die bedeckte Fläche wieder gleich Null.

Nehmen wir jetzt an, dass Endlage und Anfangslage einen von Null verschiedenen Winkel mit einander bilden.

Da sich jede Bewegung aus unendlich kleinen Rotationen zusammensetzen lässt, so führt die obige Frage auf die folgende spezielle **Aufgabe:**

Eine Strecke AB soll durch Drehung um einen in der Ebene liegenden Punkt C in eine neue Richtung gebracht werden, die mit der Anfangsrichtung einen gegebenen Winkel φ einschliesst. Wo muss der Punkt C liegen, damit die von A beschriebene Fläche ein Minimum wird?



Figur 1.

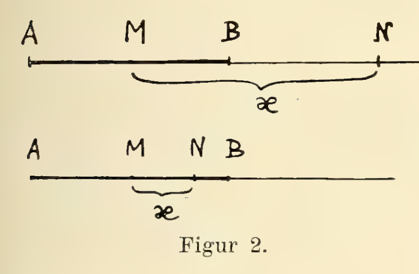
Wir fällen (Fig. 1) von einem beliebigen Drehzentrum C auf die Gerade, der AB angehört, das Lot CNL und betrachten zunächst das Flächenstück ANN'A', das die Strecke AN bei der Rotation um den Winkel φ überstreicht. Da die Fläche

$$ANLA \cong A'N'L'A',$$

so ist

$$ANN'A' = ANN'L'A - ANLA = LNN'L'$$
$$= \frac{1}{2}(CL^2 - CN^2) = \frac{1}{2} AN^2 \cdot \varphi$$

Analog ist die von BN überdeckte Fläche $= \frac{1}{2} BN^2 \cdot \varphi$



Figur 2.

Somit ist die Fläche, die AB beschreibt, gleich der *Summe* oder *Differenz* dieser beiden Ausdrücke, jenachdem der Punkt N die Punkte A und B trennt oder nicht.

Ist M die Mitte von AB und setzt man die absolute Entfernung $MN = x$, so ist also die genannte Fläche

$$\text{wenn } x \geqq h: \text{ gleich } \frac{\varphi}{2}[(x+h)^2 - (x-h)^2] = 2hx \cdot \varphi$$

$$\text{,, } x \leqq h: \text{ ,, } \frac{\varphi}{2}[(x+h)^2 + (x-h)^2] = (x^2 + h^2) \cdot \varphi$$

Der absolute Inhalt der Fläche nimmt also mit x überall stetig ab und erreicht für $x = 0$ den Minimalwert

$$h^2 \cdot \varphi$$

Wir fassen das Ergebnis in die folgenden **Sätze** zusammen:

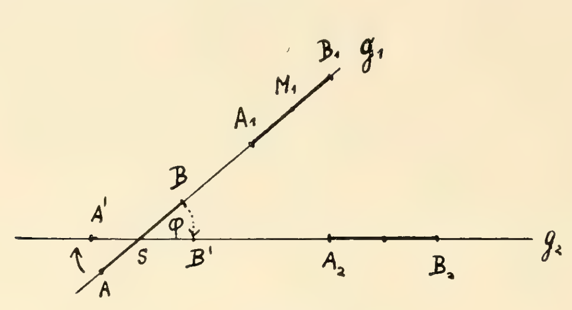
I. *Für alle Drehungsmittelpunkte, die auf einer zu AB senkrechten Geraden liegen, hat die erzeugte Fläche denselben Inhalt.*

II. *Für alle Punkte der Mittelsenkrechten von AB erreicht die überstrichene Fläche den (dem gegebenen Winkel entsprechenden) Minimalwert.*

Will man also die Strecke aus der Anfangslage $A_1 B_1$ auf der Geraden g_1 bei minimalem Flächenaufwand in die Endlage $A_2 B_2$ auf g_2 überführen, so kann dies am einfachsten so geschehen:

Man verschiebe die Strecke in g_1, bis ihr Mittelpunkt M mit dem Schnittpunkt S von g_1 und g_2 zusammenfällt. Dann drehe

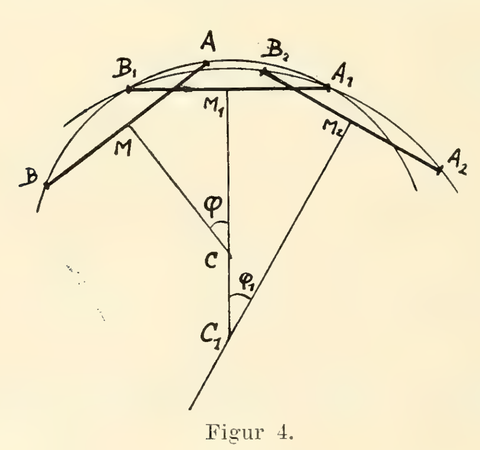
man die Strecke um M, bis sie gleichgerichtet wie $A_2 B_2$ in der Geraden g_2 liegt und schiebe sie in g_2 bis in die Endlage. (Fig. 3.)



Figur 3.

§ 2.

Wird eine Strecke AB um einen beliebigen Punkt ihrer Mittelsenkrechten gedreht, so nennen wir diese Bewegung eine *Minimalrotation.* Eine Bewegung, die sich aus lauter endlichen oder unendlich kleinen Minimalrotationen zusammensetzt, heisse eine *Minimalbewegung.* Um in das Wesen dieser Bewegung einzudringen, betrachten wir einige aufeinanderfolgende Lagen der bewegten Strecke mit den jeweiligen Drehungsmittelpunkten.



Figur 4.

Aus dem Anblick der Fig. 4 ergeben sich sofort die folgenden Bemerkungen:

I. Bei jeder einzelnen Rotation um C, C_1 etc. beschreibt der Mittelpunkt der Strecke einen Kreisbogen, $\widehat{MM_1}$, $\widehat{M_1 M_2} \cdots$, bewegt sich also stets senkrecht zum Radius CM, $C_1 M_1, \cdots$.

II. Die von AB überstrichene Fläche ist gleich

$$h^2 (\varphi + \varphi_1 + \cdots)$$

d. h. gleich h^2 mal dem totalen Drehungswinkel. Gibt man der Fläche sowie dem Winkel ein *Vorzeichen* je nach dem Sinn der erzeugenden Drehung, so hängt die von AB beschriebene Fläche also nur ab von dem Winkel, den End- und Anfangslage mit einander bilden.

III. Bei jeder einzelnen Rotation beschreiben die Endpunkte A und B der Strecke kongruente Kreisbogen $\overset{\frown}{AA_1} = \overset{\frown}{BB_1}$, $\overset{\frown}{A_1 A_2} = \overset{\frown}{B_1 B_2}$ etc. Je 2 aufeinander folgende Punktepaare wie (A, B), (A_1, B_1) liegen auf einem Kreis.

Lässt man nun die einzelnen Drehungswinkel φ und die Verschiebungen $CC_1 \cdots$ unendlich klein werden, so wird der Ort der Punkte M eine *Kurve* Φ und der Ort der momentanen Rotationszentren C wird zur Kurve der Krümmungsmittelpunkte, zur *Evolute* von Φ. Die bewegte Strecke AB gehört der *Tangente* von Φ an und berührt Φ in ihrer Mitte M. Ebenso beschreiben die Punkte A und B zwei Kurven $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$, die *gleiche Bogenelemente* und also zwischen entsprechenden Punkten *gleiche Bogen* besitzen. Wir gelangen somit dazu, die Bewegung einer Strecke, die wir als „Minimalbewegung" bezeichnet haben, in folgender Weise zu beschreiben:

Satz I. *Gleitet eine Strecke AB auf einer beliebigen Kurve, so dass sie in ihrem Mittelpunkt M die Kurve beständig berührt, so führt sie eine Minimalbewegung aus.*

Satz II. *Ist 2h die Länge der bewegten Strecke, so ist der Inhalt der bedeckten Fläche gleich*

$$h^2 \cdot \varphi$$

wenn φ der Winkel ist, um den die Endlage der Strecke gegenüber der Anfangslage verdreht ist.

Anmerkung. Ist die Endlage $A_2 B_2$ parallel und gleichgerichtet der Anfangslage $A_1 B_1$, so ist also der Flächeninhalt $= 0$, indem die positiven und negativen Flächenstücke sich gerade aufheben. Rechnet man indess (entgegen der obigen Festsetzung) alle Flächen als positive Grössen, so gilt der Satz II nicht mehr unbedingt, sondern nur so lange, als der Punkt M keinen Wendepunkt der Kurve Φ passiert. Dann wird auch in dem Spezialfall, dass $A_2 B_2$ parallel $A_1 B_1$ ist, das Minimum „0" praktisch nicht mehr erreicht werden können, doch bleibt der Flächeninhalt Null noch die untere Grenze, der man sich beliebig annähern kann.

§ 3.

Die Kurve Φ, welche der Mittelpunkt M bei einer Minimalbewegung der Strecke AB beschreibt, soll künftig *„Gleitkurve"* heissen. Die Kurven $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$, welche die Endpunkte A und B erzeugen, nennen wir *„Endkurven"*. Zu jeder Gleitkurve *gehören* unendlich viele Endkurven, den sämtlichen Werten von h ent-

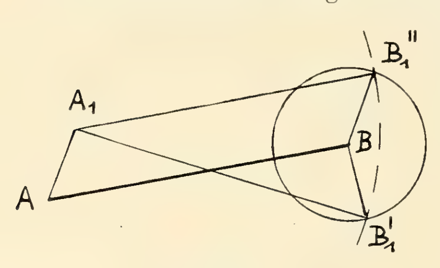
sprechend. Je zwei Endkurven, die durch die beiden Enden einer Strecke erzeugt werden, sollen *kolligiert* heissen. Ebenso nennen wir zwei Punkte auf 𝔄 und 𝔅, die bei der Erzeugung gleichzeitig die Endpunkte der gleitenden Strecke sind, *kolligiert.*

Im folgenden interessieren uns vornehmlich die Beziehungen zwischen zwei kolligierten Endkurven, 𝔄 und 𝔅. Die Haupteigenschaft ist, dass der Bogen zwischen 2 Punkten A_1 und A_2 auf 𝔄 gleich ist dem Bogen zwischen den kolligierten Punkten B_1 und B_2 auf 𝔅. Wir fragen nun:

Gibt es noch andere Bewegungen einer Strecke, wobei die Endpunkte gleiche Bogen beschreiben?

In der Tat besitzt die *Translationsbewegung* dieselbe Eigenschaft. Wird nämlich AB parallel sich selbst bewegt, so dass das eine Ende A eine Kurve beschreibt, so erzeugt das andere Ende B eine kongruente Kurve.

Andere Bewegungen dieser Art gibt es aber nicht. Denn wird AB unendlich wenig verschoben, so dass A nach A_1 kommt, so gibt es nur 2 Punkte B_1, so dass zugleich $A_1B_1 = AB$ und $BB_1 = AA_1$ wird, nämlich die Punkte B_1' und B_1'', die in Figur 5 konstruiert sind. Die Lage $A_1 B_1''$ entsteht aber durch Translation, die Lage $A_1 B_1$ durch Minimalrotation aus AB.



Figur 5.

Wir ersehen zugleich, dass, bei jeder dieser beiden Bewegungsarten, der Punkt B_1 durch A_1 *eindeutig* bestimmt ist. Lässt man also die Strecke AB von einer Anfangslage $A_1 B_1$ aus sich in Minimal-Bewegung verschieben, so dass das Ende A eine gegebene Kurve 𝔄 beschreibt, so beschreibt das Ende B eine eindeutig bestimmte zweite Kurve 𝔅. Da die Anfangsrichtung $A_1 B_1$ und die Länge 2h der Strecke willkürlich gewählt werden kann, so gibt es also zu jeder Kurve 𝔄 ∞^2 kolligierte Endkurven 𝔅, und ebensoviel zugehörige Gleitkurven Φ.

Der Charakter der Kurve 𝔅 ist im allgemeinen gänzlich verschieden von dem der Kurve 𝔄.

Wählt man z. B. die X-Achse eines rechtwinkligen Koordinatensystems als 𝔄-Kurve, so lautet die Gleichung von 𝔅 (wenn dem Koordinatenanfang der Punkt „2 h" auf der Y-Achse kolligiert sein soll)

$$x = -\frac{1}{2}\sqrt{4\,h^2 - y^2} - \frac{1}{8\,h}\log\left(\frac{2\,h - \sqrt{4\,h^2 - y^2}}{2\,h + \sqrt{4\,h^2 + y^2}}\right)$$

die ersichtlich transzendent ist.

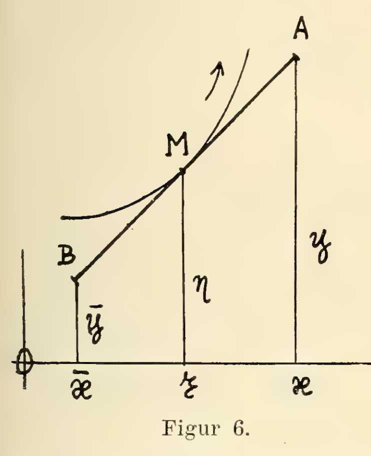
Wir stellen uns nun die **Aufgabe:**

Alle algebraischen Kurven zu finden, deren kolligierte Kurven wieder algebraisch sind.

Wir gehen aus von einer beliebigen Gleitkurve Φ und stellen die Beziehungen auf, die zwischen den Koordinaten eines Punkts von Φ und den Koordinaten der Punkte A und B bestehen.

Wir bezeichnen im folgenden durchweg mit (ξ, η) die Koordinaten eines Punkts M von Φ, mit $d\sigma$ das Bogenelement von Φ. Dasselbe bedeuten (x, y), ds für den Punkt A auf $\mathfrak{A}$, und $(\bar{x}, \bar{y})$, $d\bar{s}$ für B auf $\mathfrak{B}$, wobei zu bemerken ist, dass

(1) $$d\bar{s} = ds.$$



Figur 6.

Wir gebrauchen noch die Abkürzung $\xi', \eta', \xi'', \eta''$ für $\frac{d\xi}{d\sigma}, \frac{d\eta}{d\sigma}$ etc. Alsdann gelten die Gleichungen

(2) $$x = \xi + h\xi' \qquad \bar{x} = \xi - h\xi'$$
$$y = \eta + h\eta' \qquad \bar{y} = \eta - h\eta'$$

wobei

(3) $$\xi'^2 + \eta'^2 = 1$$

Ist die Kurve Φ gegeben etwa durch eine Gleichung

(4) $$\Phi(\xi, \eta) = 0$$

so erhält man die Gleichung zwischen (x, y) resp. $(\bar{x}, \bar{y})$, indem man aus den Gleichungen (2) ξ und η mit Hilfe von (3) und (4) eliminiert.

Wir beweisen nun den

Satz; *Die hinreichende und notwendige Bedingung dafür, dass die Endkurven $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ beide algebraisch sind, ist die, dass die Gleitkurve Φ algebraisch ist.*

Beweis. Wir gebrauchen das Zeichen „Alg" mit unteren Indizes, um irgend welche algebraische Funktionen zu bezeichnen. Aus der Annahme:

$$y = \mathrm{Alg}_1(x), \quad \bar{y} = \mathrm{Alg}_2(\bar{x})$$

ergibt sich wegen (2)

$$\eta + h\eta' = \mathrm{Alg}_1(\xi + h\xi'); \qquad \eta - h\eta' = \mathrm{Alg}_2(\xi - h\xi')$$

und hieraus durch Addition und Subtraktion

(5) $$\eta = \mathrm{Alg}_3(\xi, \xi') \text{ und}$$

(6) $$\eta' = \sqrt{1-\xi'^2} = \mathrm{Alg}_4(\xi, \xi')$$

Aus Gl. (6) (die sich nicht etwa auf eine Identität reduzieren kann), folgt weiter

(7) $$\xi' = \mathrm{Alg}_5(\xi)$$

und also wegen (5)

(8) $$\eta = \mathrm{Alg}_6(\xi)$$

w. z. b. w.

Umgekehrt folgt aus der Gl. (8) als Annahme durch Differenzieren, wegen $\eta' = \sqrt{1-\xi'^2}$ rückwärts Gl. (7) und damit auch

$$\eta' = \sqrt{1-\xi'^2} = \mathrm{Alg}_7(\xi)$$

Somit erhält man aus (2) x, y, $\bar{x}$, $\bar{y}$ als algebraische Funktionen von ξ dargestellt, woraus sich unmittelbar $y = \mathrm{Alg}_1(x)$, $\bar{y} = \mathrm{Alg}_2(\bar{x})$ ergeben. Damit ist der obige Satz vollständig bewiesen.

§ 4.

Wir werfen nun die Frage auf:

Gibt es Kurven, die sich selbst kolligiert sind?

Die Gleitkurve muss dann so beschaffen sein, dass die Endpunkte der gleitenden Strecke Stücke desselben Kurvenzuges erzeugen, dass also $\mathfrak{A}$ mit $\mathfrak{B}$ identisch wird. Eine solche sich selbst kolligierte Kurve möge als „*Zweiendkurve*“ oder kurz als „*Z-Kurve*“ bezeichnet werden. Sie besitzt nach der Definition eine Sehne AB, die im Gleiten eine Minimalbewegung ausführt. Sind $A_1 B_1$, $A_2 B_2$ zwei Lagen der Sehne, so ist

$$\text{Bogen } (B_2 B_1) = \text{Bogen } (A_2 A_1)$$

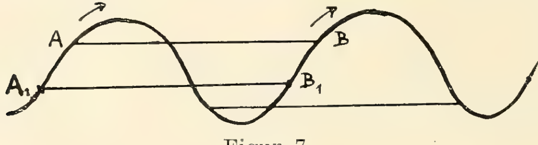
Wird beiderseits der Bogen $(A_1 B_2)$ addiert, so folgt

$$\text{Bogen } (A_1 B_1) = \text{Bogen } (A_2 B_2),$$

d. h. *der über der Sehne AB stehende Kurvenbogen bleibt konstant.*

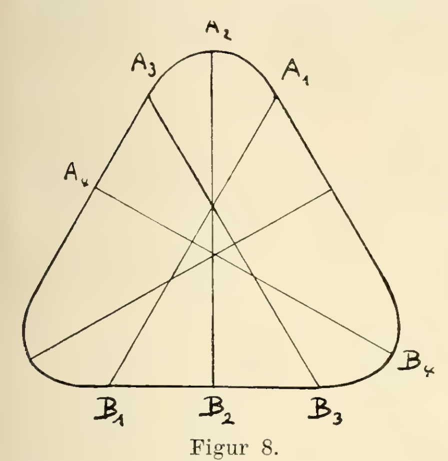
Denkt man sich also über einen solchen Bogen einen Faden gespannt und verbindet die Enden A und B durch einen festen Stab, so kann der Stab noch immer längs der Kurve verschoben werden.

Triviale Fälle solcher Kurven sind seit langem bekannt. Vor allem die *Gerade* und der *Kreis*. Sodann alle *periodischen Kurven,* die durch eine Parallelverschiebung in sich übergehen. Man verbinde nämlich die Punkte $A_1 B_1$ durch einen beliebigen Kurvenzug und lasse dann die Strecke mit dem Ende A parallel sich



Figur 7.

selbst längs dieser Linie gleiten. Dann beschreibt B ein kongruentes Kurvenstück, das sich nach beiden Seiten ins Unendliche wiederholt. Alle Stücke zusammen bilden dann eine, allerdings im allgemeinen nicht „monogene" Kurve der betrachteten Art. Beispiel einer analytisch monogenen Kurve ist die *Sinuslinie*.



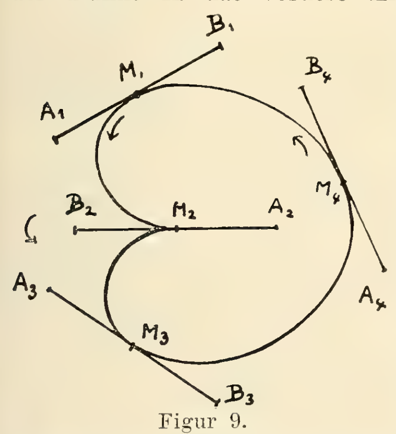
Figur 8.

Auch bei Anwendung von Minimalbewegung kann man aus Stücken verschiedener Kurven offene oder geschlossene Linienzüge stetig zusammensetzen, die als Ganzes betrachtet (nicht-monogene) Z-Kurven vorstellen. Ein Beispiel gibt Fig. 8, die aus einer geraden Strecke und einem gleichlangen Stück der kolligierten Kurve (siehe pag. 106) zusammengesetzt ist.

Von grösserem Interesse ist nun, dass es auch neben dem Kreis noch unendlich viele analytisch monogene und sogar algebraische Z-Kurven gibt. Wir beweisen nämlich den

Satz: *Besitzt die Gleitkurve eine ungerade Anzahl von Spitzen, so beschreiben beide Enden der gleitenden Sehne dieselbe Kurve.*

Man verfolge nämlich die Strecke AB beim Umlauf um eine solche Kurve (Fig. 9). Ist bei Beginn der Bewegung in M_1 der Punkt A das vordere Ende, so ist nach Passierung einer Spitze A zum hinteren Ende geworden. Kommt also M nach Passierung einer *ungeraden* Zahl von Spitzen wieder nach M_1, so fällt nun das Ende A auf B_1 und wird also bei einem zweiten Umlauf dieselbe Linie beschreiben, die beim ersten Umlauf von B erzeugt worden ist. Erst nach zweimaligem Umkreisen der Gleitkurve wird die Strecke AB sich wieder mit der Anfangslage $A_1 B_1$ decken und die von A beschriebene Kurve sich schliessen. — Dabei ist (im Fortschreitungssinn gerechnet) der Bogen von A_1 nach B_1 gleich dem von B_1 nach A_1 und also gleich dem halben Umfang der Kurve.



Figur 9.

Die Gleitsehne einer Z-Kurve halbiert also stets deren Peripherie.

§ 5.

Wir müssen uns hier versagen, in das Studium dieser „Z-Kurven", deren Existenz wir erwiesen haben, näher einzudringen. Es soll hier bloss noch auf die Bedeutung hingewiesen werden, die diese Kurven für die *Funktionentheorie* besitzen. Diese Bedeutung beruht auf einem merkwürdigen Zusammenhang zwischen der Gleichung einer solchen Kurve und einer gewissen *Funktionalgleichung.*

Betrachten wir nämlich die Koordinaten (x, y) eines Punkts einer Z-Kurve als Funktionen des Bogens s, und bilden wir daraus die neuen Funktionen

$$(1)\qquad f_1(s) = x(s) + i\,y(s); \qquad f_2(s) = x(s) - i\,y(s)$$

so besteht zwischen diesen offenbar die Beziehung

$$(2)\qquad f'_1(s)\cdot f'_2(s) = \left(\frac{dx}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dy}{ds}\right)^2 = 1$$

Es gilt nun der **Satz I:**

Die Funktionen $f_1(s)$ und $f_2(s)$ sind Lösungen der Funktionalgleichung

$$(3)\qquad \frac{f'(s)\cdot f'(s+l)}{[f(s+l)-f(s)]^2} = \frac{1}{4h^2}$$

Darin bedeutet l den halben Umfang der Z-Kurve, und 2h die Länge der Sehne, die diesen Umfang halbiert.

Beweis. Da der Bogen, der die Enden (x, y), $(\bar{x}, \bar{y})$ der Sehne verbindet $= l$ ist, so kann man schreiben

$$\bar{x} = x(s+l), \quad \bar{y} = y(s+l)$$

Wir haben nun zunächst wieder die Gleichungen des § 2 hinzuschreiben

$$(4)\qquad \begin{aligned} x &= \xi + h\xi' & \bar{x} &= \xi - h\xi' \\ y &= \eta + h\eta' & \bar{y} &= \eta - h\eta' \end{aligned}$$

$$(5)\qquad \xi'^2 + \eta'^2 = 1, \text{ woraus}$$

$$(6)\qquad \xi'\xi'' + \eta'\eta'' = 0$$

Aus (5) und (6) berechnen wir leicht

$$(7)\qquad \xi''^2 + \eta''^2 = \left(\frac{\eta''}{\xi'}\right)^2 \text{ und} \qquad (8)\qquad \xi'' \pm i\eta'' = \pm i\frac{\eta''}{\xi'}(\xi' \pm i\eta')$$

Aus (4) ergibt sich mit Hülfe von (5) (6) (7)

$$(9)\qquad \left(\frac{ds}{d\sigma}\right)^2 = 1 + h^2\left(\frac{\eta''}{\xi'}\right)^2$$

Fassen wir f_1 und f_2 die sich bloss durch das Vorzeichen von i unterscheiden, unter dem Zeichen f zusammen, so gelten die Gleichungen

$$(10)\qquad f(s) = (\xi \pm i\eta) + h(\xi' \pm i\eta'); \qquad f(s+1) = (\xi \pm i\eta) - h(\xi' \pm i\eta')$$

$$(11)\qquad [f(s+1) - f(s)]^2 = 4h^2(\xi' \pm i\eta')^2$$

$$(12)\qquad \frac{df(s+1)}{d\sigma} \cdot \frac{df(s)}{d\sigma} = (\xi' \pm i\eta') - h^2(\xi'' \pm i\eta'')^2, \qquad \text{oder nach (8)}$$

$$= (\xi' \pm i\eta')^2 \left(1 + h^2\left(\frac{\eta''}{\xi'}\right)^2\right) = (\xi' \pm i\eta')^2 \left(\frac{ds}{d\sigma}\right)^2$$

Schreibt man noch $f'(s)$ für $\frac{df}{ds}$, so erhält man aus (11) und (12) unmittelbar die obige Funktionalgleichung (3).

Der bewiesene Satz lässt sich aber auch umkehren und lautet dann:

Satz II: *Sind $f_1(s)$, $f_2(s)$ 2 Lösungen von (3) zwischen deren Ableitungen die Beziehung (2) besteht, so wird durch die Gleichungen*

$$(13)\qquad x = \frac{f_1(s) + f_2(s)}{2}, \quad y = \frac{f_1(s) - f_2(s)}{2i}$$

als Ort des Punktes (x, y) eine Z-Kurve definiert.

In der Tat, multipliziert man die beiden Gleichungen, die aus (3) für $f = f_1$ und $f = f_2$ entstehen, mit einander, so folgt wegen (2) ohne weiteres

$$[f_1(s+1) - f_1(s)]\,[f_2(s+1) - f_2(s)] = 4h^2$$

Durch Einführung von x, y und $\bar{x} = x(s+1)$, $\bar{y} = y(s+1)$ geht diese Gleichung über in

$$(14)\qquad (\bar{x} - x)^2 + (\bar{y} - y)^2 = 4h^2$$

welche aussagt, dass die Sehne, welche die durch den Bogen 1 getrennten Punkte $(x\,y)$ und $(\bar{x}\,\bar{y})$ verbindet, die konstante Länge $2h$ besitzt. Der Ort des Punktes $(x\,y)$ ist also eine Z-Kurve.

Ist es an sich interessant, dass die unendlich vielen Z-Kurven aus Lösungen derselben Funktionalgleichung (3) entspringen, so verdient diese Gleichung doch ganz unabhängig davon Beachtung. *Der Ausdruck auf ihrer linken Seite hat nämlich die Eigenschaft, in sich über zu gehen, wenn $f(s)$ durch eine lineare Funktion von $f(s)$ ersetzt wird,* d. h. wenn wir zur Abkürzung setzen

$$\frac{f'(s) \cdot f'(s+1)}{[f(s+1) - f(s)]^2} = [f;\ 1]_s$$

so gilt

$$(15)\qquad \left[\frac{af+b}{cf+d};\ 1\right]_s = [f;\ 1]_s$$

Man bestätigt dies leicht durch Rechnung. Der Grund liegt übrigens in folgendem. Sind s, s_1, s_2, s_3 unabhängige Variable, so bleibt der Ausdruck

$$\frac{f(s)-f(s_2)}{f(s)-f(s_1)}\cdot\frac{f(s_3)-f(s_1)}{f(s_3)-f(s_2)} \tag{16}$$

als Doppelverhältnis gegenüber einer linearen Transformation von f invariant, ebenso natürlich alle Ausdrücke, die aus ihm durch Differenzieren nach den Variablen hervorgehen. Differenziert man nun den Ausdruck (16) nacheinander nach s_2 und s_3 und setzt nachher

$$s_2 = s, \quad s_3 = s_1, \quad s_1 = s + 1$$

so erhält man gerade den Ausdruck $[f; 1]$, dessen Invariantennatur dadurch klar wird.

Die Gleichung (3) ist also ein Analogon zu der Differenzialgleichung dritter Ordnung, die in der Theorie der automorphen Funktionen eine Rolle spielt. Ist f eine partikuläre Lösung von (3), so erhält man in $\frac{af+b}{cf+d}$ eine dreifach unendliche Schar weiterer Lösungen. Doch wird durch eine solche Schar bei weitem nicht die Gesamtheit der Lösungen geliefert. Wie wir gesehen haben, führt ja jede Z-Kurve (bei passender Wahl der Konstanten) zu 2 neuen Scharen. [Dass f_1 und f_2 nicht der gleichen Schar angehören können, ergibt sich leicht aus (2)]. Die Lösung der Funktionalgleichung stellt deshalb doch ein ganz anderes Problem vor als die der entsprechenden Differenzialgleichung.

§ 6

Der Umstand, dass jede analytische Kurve mit einer ungeraden Anzahl von Spitzen zu einer Z-Kurve und damit zu einer Lösung der Funktionalgleichung führt, erlaubt es, an einzelnen Beispielen den Charakter solcher Lösungen zu studieren. So liefern die einfachsten Z-Kurven, nämlich die Gerade und der Kreis, die beiden partikularen Lösungen $f(s) = a \cdot s$ und $f(s) = e^{as}$. Im ersten Fall ist ersichtlich $l = h$, und dies ist der einzige Fall, in dem die Funktionalgleichung ein algebraisches Integral besitzt. Alle andern Lösungen sind transzendent. Wir geben zum Schluss ein Beispiel, das sich ohne grosse Rechnung durchführen lässt.

Wir definieren die Gleitkurve Φ durch die Gleichungen

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{a}{2}\left\{\frac{\cos(n+1)\vartheta}{n+1} + \frac{\cos(n-1)\vartheta}{n-1}\right\} \\ \eta &= \frac{a}{2}\left\{\frac{\sin(n+1)\vartheta}{n+1} + \frac{\sin(n-1)\vartheta}{n-1}\right\} \end{aligned} \tag{1}$$

Man berechnet hieraus leicht der Reihe nach

$$d\xi = -a \sin(n\vartheta) \cos\vartheta \cdot d\vartheta;$$
$$d\eta = a \cos(n\vartheta) \cos\vartheta \cdot d\vartheta$$

(2) $$d\sigma = a \cdot \cos\vartheta \cdot d\vartheta$$

Es folgt weiter

(4) $$\frac{d\xi}{d\sigma} = \xi' = -\sin(n\vartheta); \qquad \frac{d\eta}{d\sigma} = \eta' = \cos(n\vartheta)$$

(5) $$\frac{\eta''}{\xi'} = \frac{n}{a} \cdot \frac{1}{\cos\vartheta}$$

Für ein *ungerades* n ist die Kurve (1) symmetrisch zur ξ-Achse und hat auf dieser bei $\vartheta = \frac{\pi}{2}$ eine Spitze. Der Bogen von $\vartheta = 0$ bis zur Spitze ergibt sich aus (2) leicht gleich a; somit ist der Umfang $= 2a$. Für $n = 3$ kennt man die Kurve unter dem Namen *Cardioide.*

Wächst ϑ um π, so gehen ξ und η in sich über, während ξ' und η' das Zeichen wechseln, eben weil die Tangente beim Durchgang durch die Spitze den Sinn ändert. Dabei vertauschen sich, wie die Gleichungen (4) in § 5 bestätigen, die Punkte (x, y) und ($\bar{x}$, $\bar{y}$) der Z-Kurve. Die dortige Formel (9) gibt nun wegen der obigen Gleichungen (5) und (3)

$$\left(\frac{ds}{d\sigma}\right)^2 = 1 + \frac{n^2h^2}{a^2\cos^2\vartheta} = \frac{(a^2 + n^2h^2) - a^2\sin^2\vartheta}{a^2\cos^2\vartheta}$$

Setzen wir nun

$$\frac{a^2}{a^2 + n^2h^2} = k^2$$

so wird

(6) $$s = \frac{1}{k}\int_0^{\vartheta} \sqrt{1 - k^2\sin^2\vartheta} \cdot d\vartheta$$

Für $\vartheta = \frac{\pi}{2}$ erhalten wir den halben Umfang der Z-Kurve

$$l = \frac{1}{k}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2\sin^2\vartheta}\, d\vartheta = \frac{E^1}{k} \text{ (nach Legendre).}$$

Aus § 5 (4) und § 6 (1) ergibt sich ferner

(7) $$f_1(s) = x + iy = a\left\{\frac{e^{i(n+1)\vartheta}}{n+1} + \frac{e^{i(n-1)\vartheta}}{n-1}\right\} + hi \cdot e^{in\vartheta}$$

Wir setzen schliesslich mit Jacobi

$$\vartheta = \mathrm{am}\,(u, k)$$

$$\int \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \vartheta}\, d\vartheta = \int d\, n^2 (u)\, du = E(u)$$

sodass die Funktion $f_1(s)$ definiert erscheint durch die beiden Gleichungen

$$(8) \quad \begin{cases} s = \dfrac{E(u)}{k} \\ f_1(s) = a \left\{ \dfrac{e^{i(n+1)\,\mathrm{am}(u)}}{n+1} + \dfrac{e^{i(n-1)\,\mathrm{am}(u)}}{n-1} \right\} + hi\, e^{in\,\mathrm{am}(u)} \end{cases}$$

Es ist also f_1 eine elliptische Funktion erster Art von u, wobei u selbst in Bezug auf s die inverse Funktion einer elliptischen Funktion zweiter Art ist.

Betrachten wir in den Gleichungen (1) n als *gerade* Zahl, so ist die dargestellte Kurve symmetrisch zu beiden Achsen, und besitzt bei $\vartheta = \frac{\pi}{2}$ und $\vartheta = \frac{3\pi}{2}$ je eine Spitze. Wächst ϑ um π, so wechseln ξ und η das Vorzeichen, während ξ' und η' unverändert bleiben. Die Endpunkte A und B der Sehne erzeugen 2 getrennte Linien, *die aber einfach 2 zum Punkt (0, 0) symmetrische Exemplare derselben Kurve sind.* Denn die Gleichungen (4) in § 5 zeigen, dass jetzt

$$x(\vartheta + \pi) = -\xi + h\xi' = -\bar{x}$$
$$y(\vartheta + \pi) = -\eta + h\eta' = -\bar{y}$$

ist, womit die Behauptung erwiesen ist.

Auch solche Kurven, die mit ihren Kolligierten *kongruent* sind, haben ein gewisses Interesse. Bildet man aus ihren laufenden Koordinaten wie in § 5 die Funktionen f_1 und f_2, so sind auch diese Lösungen einer Funktionalgleichung, nämlich der Gleichung

$$\frac{f'(s) \cdot f'(s+1)}{[f(s) + f(s+1)]^2} = -\frac{1}{2h^2}$$

doch hat hier der Ausdruck der linken Seite nicht mehr die Eigenschaft, gegenüber linearen Transformationen von f invariant zu bleiben.

Wir schliessen hiemit unsere Betrachtungen. Man kann sie nach verschiedenen Richtungen fortsetzen und insbesondere auf den dreidimensionalen Raum ausdehnen. Doch müssen wir an dieser Stelle auf weitere Ausführungen verzichten.

Eingegangen 3. Juli 1910.

Die Knollen von Polypodium Brunei Werckle.

Von

G. Senn.

Die von Werckle in Costa-Rica gesammelten und mir von Herrn Dr. H. Christ zur Untersuchung überlassenen *Polypodium*-Knollen haben eine grosse Aehnlichkeit mit den unlängst von Ule (1906, S. 347 ff.) für *Polypodium bifrons* Hooker beschriebenen. Immerhin bestehen einige Unterschiede, die auf eine spezifische Verschiedenheit zwischen dem von Ule beschriebenen und dem von Werckle gesammelten, leider keine Blätter tragenden Material schliessen lassen.

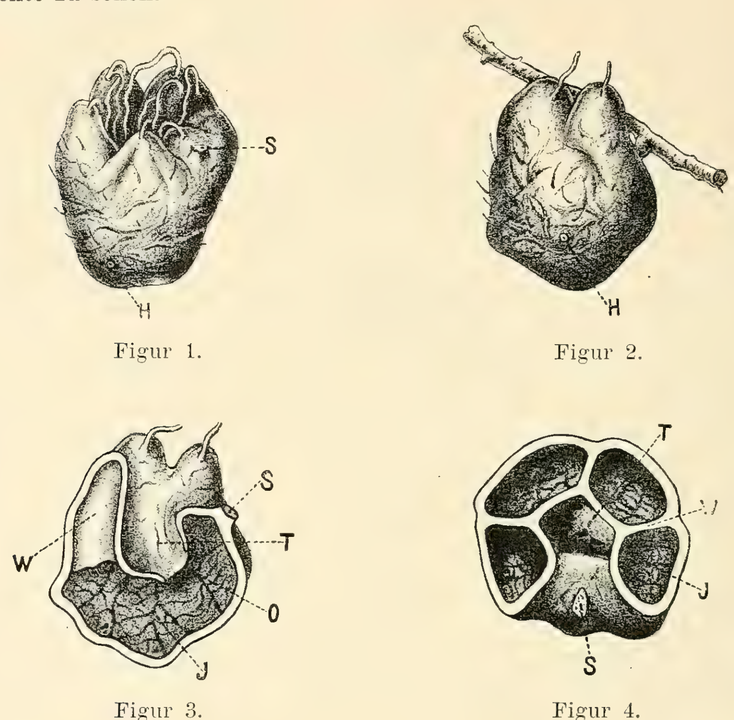
Den Grund zu nachfolgender Darstellung bilden aber nicht die immerhin geringen Unterschiede in der Gestalt der Knollen, sondern eine gewisse Unklarheit der Ule'schen Darstellung, die hauptsächlich von dem Mangel einer genauen Orientierung der Knollen herrührt. So wird z. B. auf seiner Tafel VI die die Oeffnung der Knolle zeigende Seite als Unterseite (Fig. C), die ihr gegenüberliegende dagegen (Fig. B) als Vorderseite bezeichnet. Ausserdem hat Ule die anatomischen Verhältnisse nicht vollständig berücksichtigt, demzufolge seine morphologische Deutung der Knollen als Blattgebilde keineswegs einwandfrei ist.

Morphologie.

Die hasel- bis walnussgrossen Knollen stehen an sehr kurzen, aus dem Rhizom entspringenden Stielen und zwar oft gegenüber, resp. neben einer Blattspur, zuweilen aber auch ganz unabhängig von den Blattinsertionen. Werckle's briefliche Mitteilung an Herrn Dr. H. Christ, dass die Knollen in der Achsel einer Blattspur sitzen, ist wahrscheinlich durch die Kürze des Stieles veranlasst.

Die Knolle selbst ist kugelig bis kurz birnförmig, indem die dem Rhizom anliegende, mit einer Oeffnung versehene proximale Seite, an welcher der Stiel inseriert ist, häufig breiter ist, als die vom Rhizom abgekehrte distale Seite (Fig. 1).

Die Oberfläche der Knollen ist etwas runzlich und zeigt ab und zu kleine, in der Mitte vertiefte Erhöhungen, die wie Narben von Zweigen oder Wurzeln aussehen (Fig. 1 und 2 bei H). Diese Bildungen hat auch Ule (1906, S. 348), dem frische Knollen vorlagen, als kantige Höcker beschrieben; an dem mir zur Verfügung stehenden getrockneten Material war allerdings von Kanten nichts zu sehen.



Figur 1. Figur 2.

Figur 3. Figur 4.

Knolle von *Polypodium Brunei* Werckle.

In allen Figuren bedeuten: H = Höcker, I = Inneres der Knolle, O = innere Oeffnung der Knolle, S = Stielinsertion, T = trichterförmige Einsenkung der Knolle, W = Scheidewand.

Alle Abbildungen in natürlicher Grösse.

Fig. 1. Knolle schräg von oben gesehen; von den die Einsenkung umgebenden Erhöhungen senken sich Wurzeln in das Innere der Knolle.

Fig. 2. Knolle von der Seite gesehen; Einsenkung nach oben, dem die Knolle tragenden Rhizom zugekehrt.

Fig. 3. Knolle im Längsschnitt.

Fig. 4. Querschnitt durch die Knolle dicht über der Stielinsertion; die unter derselben liegende fünfte Kammer ist deshalb nicht angeschnitten.

Gerade neben der Stielinsertion, unterhalb des die Knolle tragenden Rhizoms, senkt sich die Oberfläche der Knolle ein und bildet eine Art Trichter, der mit runder, zirka 1/2 cm im Durchmesser grosser Oeffnung im Innern der Knolle mündet (Fig. 3 bei O).

Rings um diese mittlere Einsenkung sind meistens 5 rundliche Höcker erkennbar, von denen derjenige, welcher die Stielinsertion trägt (Fig. 1, 3, 4 bei S), etwas niedriger ist als die übrigen. Infolgedessen kommt die Oeffnung der Knolle dicht unter das sie tragende Rhizom zu sitzen. Die Höcker sind stets mit einem mehr oder weniger dichten Schopf von Wurzeln besetzt, die den Eingang in die Knolle oft völlig bedecken und sich in deren Inneres erstrecken.

An dem der Trichteröffnung gegenüberliegenden, distalen Ende ist die Knolle völlig geschlossen; sie trägt meist einige zerstreute, helle Borsten.

An einem durch die Stielinsertion geführten Längsschnitt durch die Knolle (Fig. 3) ist der Verlauf der trichterartigen Einsenkung deutlich zu sehen. Sie biegt etwa in der Mitte der Knolle rechtwinklig um, so dass ihre terminale Oeffnung senkrecht, ungefähr unter die Stielinsertion, zu stehen kommt.

Hier beginnt nun erst der eigentliche Hohlraum der Knolle. Er ist nur in seiner distalen Partie einheitlich, während er in der proximalen meist in fünf Nischen geteilt ist, die den fünf von aussen sichtbaren (die Einsenkung umgebenden) Höckern entsprechen. Von jeder zwischen zwei Höckern befindlichen Einsattelung springt nämlich je eine Scheidewand vor, die sowohl der äusseren Wand der Knolle als auch der Trichterwand an Dicke etwa um die Hälfte nachsteht. Bei meinem Material verlaufen diese Scheidewände ziemlich gerade, während Ule dieselben für sein *Polypodium bifrons* als gekrümmt angibt. Sie reichen etwa bis in die Hälfte (Fig. 3) oder in den untern Drittel der Knolle hinab.

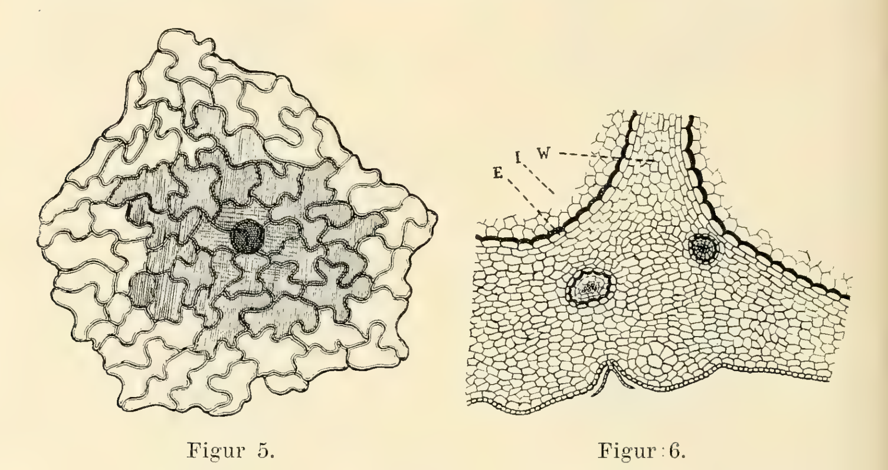
Führt man dicht über der Stielinsertion einen Querschnitt durch die Knolle, so werden die vier vorderen Kammern angeschnitten. die unter dem Stiel liegende natürlich nicht (Fig. 4). In der Mitte ist nun die ins Innere der Knolle führende trichterartige Einsenkung deutlich sichtbar.

Anatomie.

Soweit es der Zustand des ohne weitere Präparation getrockneten Materials gestattete, habe ich Rhizom, Knollen und Wurzeln auch anatomisch untersucht.

Das Rhizom zeigt im Querschnitt unter der Epidermis ein gleichartiges, ziemlich grosszelliges Grundgewebe. Darin sind ein grosses und ca. drei kleinere Gefässbündel mit stark verdickter Scheide eingebettet. Weitere Gewebedifferenzierungen lassen sich nicht erkennen. Der Bau des die Knolle tragenden Stieles stimmt mit demjenigen des Rhizoms überein, dagegen weichen die Wurzeln deutlich dadurch von ihm ab, dass ihr Gefässbündel von einer 3—5 schichtigen Sklerenchym-Scheide umschlossen wird.

Sowohl das Rhizom, als auch die Oberfläche der Knolle sind sehr oft (wahrscheinlich bei allen gut erhaltenen, resp. jüngeren Exemplaren) dicht mit schildförmigen Haaren besetzt, die je auf einem einzelligen Fusse sitzen (Fig. 5). An meinem ge-



Figur 5. Figur 6.

Fig. 5. Schildhaar der Knollenoberfläche; in der Mitte die Basalzelle sichtbar. Vergr. 140.

Fig. 6. Querschnitt durch die äussere Knollenwand mit dem Ansatz zu einer Scheidewand (bei W) und zwei Gefässbündeln. E = Endodermis, I = Inneres der Knolle, W = Scheidewand. Vergr. 20.

trockneten Material waren die dem Fusse zunächst gelegenen Zellen des Schildes braun, die Randzellen dagegen farblos.

Die bereits erwähnten, langen hellgefärbten Borsten sind ebenfalls Schildhaare, deren Rand an einer Ecke durch besonders intensives Wachstum eine bedeutende Länge erreicht hat; sie können somit als Spreuschuppen oder Spreuhaare bezeichnet werden.

Die äussere Wandung der Knolle, sowie die Trichterwand, lässt deutlich eine Aussen- und eine Innenseite erkennen. Die Aussenseite ist durch eine Schicht geradwandiger, braun gefärbter Epidermiszellen ausgezeichnet (Fig. 6), zwischen welchen

keine Spaltöffnungszellen vorhanden sind (so auch Ule). Die mittlere Partie der Knollenwand wird von einem ziemlich grosszelligen Grundgewebe ausgefüllt, das hie und da Gefässbündel mit wohlausgebildeter Scheide enthält. Das Grundgewebe wird nach innen durch eine lückenlose Endodermis abgeschlossen, deren Zellen sich durch starke Verdickung und braunrote Färbung der nach dem Knolleninnern gekehrten Wand auszeichnen.

In dem mir zur Verfügung stehenden Materiale waren auf dieser Endodermis noch Reste eines äusserst zarten grosszelligen Gewebes zu erkennen, dessen ursprüngliche Mächtigkeit und äussere Begrenzung sich jedoch nicht mehr feststellen liess. Es kann deshalb nicht entschieden werden, ob dieses offenbar der Wasserspeicherung dienende Gewebe die Innenwand der Knolle ursprünglich nur in relativ dünner Schicht überzog, oder ob es in mächtiger Entwicklung ihren ganzen Innenraum bis an die innere Mündung des Trichters ausfüllte und erst sekundär grösstenteils zerstört wurde.

Der freie Rand der Knollenwandung (Fig. 3 bei O), der auf die innere Oeffnung der mittleren Einsenkung beschränkt ist, wird von einem besonders in der Nähe der Kante sehr dickwandigen und zähen, schwarzbraunen Gewebe (Epidermis und Grundgewebe) gebildet.

Die von den oberen Einsattelungen der Knolle nach unten vorspringenden sekundären Scheidewände besitzen — als Ausstülpungen der Innenwand — beiderseits eine Endodermis, auf welcher ebenfalls Reste des zartwandigen Gewebes liegen (Fig. 6).

Die Wurzeln, welche aus den die Oeffnung der Knolle umgebenden Höckern entspringen, sind dort entstanden, und sind nicht etwa aus dem Innern der Knolle durch deren Wand hindurchgewachsen. Führt man nämlich an der Insertionsstelle dieser Wurzeln einen Querschnitt durch die Knollenwand, so ist leicht zu erkennen, wie ein im Wandparenchym verlaufendes Gefässbündel in diesen Höckern rechtwinklig umbiegt und sich in die Wurzel fortsetzt; dabei bildet es, wie das umgebende Parenchymgewebe, einen integrierenden Bestandteil der Knollenwand. Dementsprechend liegen die im Innern der Knollen befindlichen, reich verzweigten Wurzeln der Wand nur an, ohne in sie einzudringen; sie lassen sich deshalb ohne Widerstand herausheben.

Genau dieselben Verhältnisse wie bei den knollenständigen Wurzeln findet man in Schnitten, welche bei den kleinen kraterartigen Erhöhungen (Ule's kantigen Höckern) quer durch die Knollenwand geführt werden. Diese Höcker sind also nichts

anderes als Wurzelnarben, in deren Mitte häufig noch das abgerissene Gefässbündel der Wurzel zu erkennen ist.

Morphologischer Wert der Knollen.

Auf Grund dieser Ergebnisse ist es nun möglich, die Frage nach dem morphologischen Werte dieser Knollen zu erörtern.

Von vornherein ist es ausgeschlossen, dass man es mit Gallen zu tun hat. Ihr regelmässiger Bau in makro- und mikroskopischer Beziehung spricht durchaus gegen eine sekundäre Entstehung infolge eines äusseren Eingriffes, z. B. durch ein Insekt.

Der Entdecker der mir vorliegenden Pflanze, Herr Werckle, fasst die Knollen als umgewandelte Rhizomzweige auf. Ebenso vergleicht Hooker (Exotic Ferns zitiert nach Ule 1906, S. 348) die Knollen seines *Polypodium bifrons* mit denjenigen von *Hydnophytum formicarum,* betrachtet sie somit ebenfalls als Stengelgebilde.

Ule (1906, S. 348) dagegen deutet die Knollen von *Polypodium bifrons* in der Hauptsache als besonders umgebildete Mantelblätter; möglicherweise könnten nach diesem Autor allerdings auch Achsenteile, aber in geringerem Masse, bei ihrer Bildung betätigt gewesen sein.

Endlich ist noch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass diese Knollen verdickte Wurzeln repräsentieren; haben doch auch Trécul (1885 S. 915) u. a. die Knollen von *Nephrolepis tuberosa* allerdings unrichtiger Weise als umgewandelte Wurzeln aufgefasst. Diese Möglichkeit wird aber bei den Knollen von *Polypodium Brunei* durch die Tatsache ausgeschlossen, dass der Stiel der Knolle keine sklerenchymatische Gefässbündelscheide besitzt, wie dies bei den Wurzeln der Fall ist. Wenn die Knolle morphologisch zu den Wurzeln gehörte, so wäre diese Eigentümlichkeit im Knollenstiel jedenfalls auch erhalten geblieben, da dieser mindestens ebenso zugfest sein muss, wie die Wurzeln.

Für die Blattnatur der *Polypodium*-Knollen kann in erster Linie geltend gemacht werden, dass sie, entgegen der Angabe Werckle's nicht in, sondern neben den Blattachseln sitzen, oft aber zu den Blättern überhaupt in keiner Beziehung stehen. Sie könnten somit ebenso gut Blätter wie Zweige des Rhizoms darstellen.

Ausserdem spricht für ihre Blatt- resp. Niederblattnatur die starke Flächenentwicklung und der ausgesprochen bifaciale Bau ihrer Wandung. Nun ist allerdings darauf hinzuweisen,

dass die letztgenannten Eigenschaften auch keinen sicheren Beweis liefern, da ja auch die *Myrmecodia*-Stengelknollen in ihrem Innern sehr stark entwickelte Wandflächen besitzen, und da der bifaciale Bau sehr wohl als Folge der durchaus verschiedenen Inanspruchnahme der Gewebe auf der Aussen- und Innenseite entstanden sein kann.

Die Richtigkeit von Ule's Bemerkung, dass die ganze Form, grüne Färbung, Aderung und Stellung der Knollen von *Polypodium bifrons* dieselben nur als umgebildete Mantelblätter deuten liessen, kann ich nur zum Teil beurteilen, da ich nicht, wie Ule, in der Lage war, frische Knollen zu untersuchen.

Die Form der Knollen gleicht allerdings einigermassen den Kannen von *Dischidia Rafflesiana*, deren Blattnatur Treub (1883 S. 16) nachgewiesen hat. Inbezug auf die grüne Färbung, von der ich am getrockneten Material allerdings keine Spuren mehr entdecken konnte, ist aber zu bemerken, dass bei den Farnen auch die Rhizome zuweilen grün gefärbt sind. Die Aderung, welche nach Ule ebenfalls auf die Blattnatur der Knollen schliessen lässt, konnte ich an meinem Material nicht sehen. Dass ihre Stellung am Rhizom ebenso gut für ihre Stengel- wie für ihre Blattnatur sprechen kann, habe ich schon hervorgehoben.

Von allen diesen für die Blattnatur der Knollen anführbaren Argumenten hat aber keines den Wert eines zwingenden Beweises. Denn die Aehnlichkeit mit den *Dischidia*-Kannen ist insofern nur eine äusserliche, als diesen, wie allen aus Blättern entstandenen ähnlichen Gebilden, jegliche Kammerung im Innern fehlt.

Ferner hebt Treub (1883 S. 25) hervor, dass sich Aussen- und Innenwand der *Dischidia*-Kannen anatomisch nicht unterscheiden; in der Tat weisen, wie ich in Bestätigung der Angaben von Scott und Sargent (zitiert nach Solereder 1899 S. 605) an Alkoholmaterial feststellen konnte, beide Seiten der Kannenwand Spaltöffnungen auf. Dass dagegen die *Polypodium*-Knollen keine Spaltöffnungen besitzen (vgl. S. 119 oben), spricht deutlich genug gegen ihre Homologie mit den *Dischidia*-Kannen und überhaupt gegen ihre Blattnatur.

Das wichtigste Argument gegen die Blattnatur der Knollen besteht aber in ihrer Fähigkeit, auf der ganzen Oberfläche Wurzeln zu bilden, da, wie wir gesehen haben, auch die über die Oberfläche zerstreuten Höckerchen nichts anderes als Wurzelnarben sind. Selbst Ule (1906 S. 348) nahm für den Fall, dass die am Rande der Knolleneinsenkung stehenden Wurzeln aus dem Knollengewebe entspringen, ebenfalls eine gewisse Betätigung

von Achsenteilen bei der Knollenbildung an. In der Tat könnte man an eine teilweise Verwachsung des Blattstiels mit der Knolle denken, da dieser z. B. bei *Dischidia* nach Treub (1883 S. 18) auch Wurzeln bildet. Da sich aber nach meinen Befunden auf der ganzen Knollen-Oberfläche Wurzeln oder deren Reste vorfinden, muss die Knolle in ihrer Gesamtheit als ein metamorphosierter Stengel aufgefasst werden. Dafür spricht auch die Uebereinstimmung ihres anatomischen Baues mit demjenigen des Rhizoms, (Behaarung, Mangel an Spaltöffnungen).

Alle diese Eigentümlichkeiten nähern die Knollen von *Polypodium* vielmehr denjenigen von *Nephrolepis tuberosa.* Diese sind nach Goebel (1889 S. 203 Anm.) und Lachmann (1885 S. 604 f.) ebenfalls Stengelgebilde, und tragen wie unsere *Polypodium*-Knollen ein Spreuschuppen-Kleid. Dagegen schliessen sie das im Innern enthaltene Wassergewebe nach aussen vollständig ab und besitzen weder Oeffnung noch Höhlung.

In dieser Beziehung gleichen die Knollen von *Polypodium* denjenigen von *Myrmecodia* und haben mit diesen auch die weitgehende Kammerung ihres Innenraumes gemeinsam. Ob allerdings die Kammerung bei *Polypodium* auf dieselbe Weise zustande kommt, wie bei *Myrmecodia,* könnte nur durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen festgestellt werden. Die anatomischen Verhältnisse der ausgewachsenen Knollen deuten aber stark darauf hin, dass dem so ist. Ein Korkgewebe, wie es bei *Myrmecodia* die inneren Gewebepartien der Knolle isoliert und dadurch zum Schwinden bringt, findet sich bei *Polypodium* nicht. Wohl aber könnte ein solcher Abschluss durch die Endodermis gebildet werden, welche ja die Höhlung auskleidet und noch Reste eines zartwandigen Gewebes trägt. Letzteres würde in diesem Falle die Innenwände der Knolle nicht nur in einer gewissen Mächtigkeit überziehen, sondern das Innere der jungen Knollen ganz ausfüllen. Auch die Struktur des am Ende der Einsenkung befindlichen Knollen-Einganges spricht dafür, dass dieser, wie die grosse Oeffnung der *Myrmecodia*-Knolle, erst sekundär durch das Auftreten einer isolierenden Gewebeschicht (hier der Endodermis) und durch den Schwund der Knollenwandung zustande gekommen ist. Die trichterartige Einsenkung dagegen wird offenbar schon bei der Entstehung der Knolle angelegt.

Eine weitere Uebereinstimmung zwischen den Knollen von *Polypodium* und *Myrmecodia* besteht in dem Vorhandensein von zahlreichen Wurzeln, die bei *Polypodium* teilweise verkümmert und abgebrochen, bei *Myrmecodia* dagegen zu Dornen umgewandelt sind.

Ferner konnte ich ebensowenig wie auf den Knollen von *Polypodium* auf denjenigen von *Myrmecodia* Spaltöffnungen konstatieren.

Die einzigen morphologischen Unterschiede zwischen der *Myrmecodia*- und unserer *Polypodium*-Knolle bestehen darin, dass diejenige von *Myrmecodia* durch die Hauptachse, diejenige von *Polypodium* durch eine Nebenachse gebildet wird, und dass die Farnknolle keine Stengel und Blätter trägt. Beide Unterschiede sind aber nicht prinzipieller Natur, da auch die *Polypodium*-Knollen sehr wohl die Fähigkeit zur Bildung von Stengeln und Blättern latent besitzen können, ohne dass diese Fähigkeit unter den gewöhnlich realisierten Verhältnissen in die Erscheinung tritt.

Wir kommen somit zu dem Schluss, dass die Knollen von *Polypodium Brunei* Werckle, und sehr wahrscheinlich auch diejenigen von *P. bifrons* Hooker, weder Blatt- noch Wurzelgebilde, sondern umgewandelte Rhizom- resp. Stengeläste sind, die morphologisch den Knollen von *Nephrolepis tuberosa* entsprechen, in ihrer Organisation jedoch — Oeffnung, Höhlung und Kammerung — den *Myrmecodia*-Knollen gleichen.

Biologische Bedeutung der Knollen.

Wie die schon durch Ule zum Vergleich herangezogenen Schlauchblätter von *Dischidia* dienen die Knollen von *Polypodium Brunei* und *bifrons* ohne Zweifel als Wasserreservoire, welche die an den Rhizomen herabrinnenden Regentropfen auffangen und so der Pflanze erhalten. Diese kann aber das Wasser offenbar nicht mit Hilfe des in den Knollen enthaltenen zartwandigen Gewebes absorbieren, auch wenn dieses noch intakt ist, da die Endodermis der Diffusion einen zu grossen Widerstand entgegensetzen würde. Die Aufnahme des angesammelten Wassers erfolgt jedenfalls, gerade wie bei *Dischidia*, mit Hilfe der in die Knolle hineinwachsenden und sich darin ausbreitenden Wurzeln. Während aber diese bei *Dischidia* aus dem Blattstiel (Treub 1883 S. 18) und aus dem Rhizom (Goebel 1889, Erklärung v. Fig. 98) entspringen, werden sie bei *Polypodium* wenigstens teilweise durch die Knolle selbst gebildet. Von den auf der ganzen Knollenoberfläche angelegten Wurzeln entwickeln sich allerdings nur die der Knollenöffnung zunächst stehenden völlig und wachsen in die Höhlung hinein, während die auf der distalen Partie entstehenden Wurzeln, welche das Wasserreservoir nicht finden und auch sonst kein Substrat erreichen können, offenbar infolge von Funktionslosigkeit zugrunde gehen.

Das von den Wurzeln im Innern der Knollen aufgenommene Wasser gelangt nun zuerst in die in der Knollenwand verlaufenden Gefässe und erst aus diesen durch den Stiel der Knolle in das Rhizom. Der Weg ist somit bedeutend komplizierter als bei den Kannen von *Dischidia,* bei denen das Wasser aus den Wurzeln direkt in den Blattstiel oder den Stengel gelangt.

In welchem Maße übrigens in den jungen *Polypodium*-Knollen das auf der Endodermis liegende Gewebe der Wasserspeicherung dient, kann auf Grund des vorliegenden Materials nicht festgestellt werden. Jedenfalls sind aber *Polypodium Brunei* und *bifrons* mit ihren wassersammelnden Knollen in weitgehendem Maße an die epiphytische Lebensweise angepasst, bei welcher bekanntlich Ueberfluss und Mangel an Wasser sehr rasch wechseln.

Die Knollen könnten übrigens neben ihrer Bedeutung als Wassersammler noch eine andere Funktion haben. Es finden sich nämlich über die Innenwände zerstreut, oder in Klumpen zusammengeballt, 1/2 bis 1 mm grosse, völlig gebleichte Holzfragmente, die nicht von Farnen, sondern von phanerogamen Pflanzen stammen. Daneben liegen hie und da ebenfalls macerierte Reste von Moosblättchen. Man könnte nun auf den Gedanken kommen, dass Ueberreste von Pilzgärten blattschneidender Ameisen vorliegen. Hiefür spricht die annähernd gleichmässige Verteilung der Holzfragmente über die Innenwände, dagegen aber der Umstand, dass es eben Holzfragmente sind, die sich von den Blattfragmenten, wie ich sie an einem von Herrn Prof. Wolffhügel an Frl. Dr. Ternetz gesandten Pilzgarten einer Atta-Art aus der Umgebung von Buenos-Aires beobachten konnte, auf den ersten Blick unterscheiden. Auch müsste man an den Holzfragmenten Ueberreste von Pilzhyphen finden, was nicht der Fall ist.

In einer einzigen Knolle habe ich Ueberreste eines nicht näher bestimmbaren Insekts gefunden, das einigermassen einem Holzwurm glich. Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass solche Tiere die alten Knollen gelegentlich als Schlupfwinkel benützen und dass die Holzfragmente aus ihren hier abgelegten Faeces stammen, welche durch vorübergehende Wasseransammlungen in den Knollen ausgelaugt und gleichmässig über deren Wände verteilt werden. Der völlig macerierte Zustand der Fragmente spricht durchaus für eine solche Herkunft.

Nun wäre es denkbar, dass dem *Polypodium* aus dieser mit Wasserspeicherung abwechselnden natürlichen Düngung ein Vorteil erwüchse; doch müsste erst festgestellt werden, ob diese tierischen Stoffe innerhalb der Knollen in eine der Pflanze zugängliche Form verarbeitet werden. Sei dem wie ihm wolle — jedenfalls funktio-

nieren die Knollen von *Polypodium Brunei* ursprünglich als Wasserreservoire und werden erst sekundär von Insekten gelegentlich als Schlupfwinkel oder Wohnräume benützt (so auch Ule 1906).

Zusammenfassung.

Die Knollen von *Polypodium Brunei* Werckle sind gekammerte, wurzeltragende Stengelgebilde, die morphologisch den Knollen von *Nephrolepis tuberosa* homolog sind, in ihrer Organisation (Oeffnung, Höhlung und Kammerung) mit den Knollen von *Myrmecodia echinata* übereinstimmen und biologisch genau wie die allerdings durch Umbildung von Blättern entstandenen Kannen von *Dischidia Rafflesiana* funktionieren. Ihre ursprüngliche Aufgabe besteht somit im Sammeln von Regenwasser; die Tatsache, dass sie auch von Insekten bewohnt werden, ist offenbar etwas Sekundäres und scheint mit der Biologie der Pflanze in keinem direkten Zusammenhang zu stehen.

Literatur-Verzeichnis.

1889. *Goebel, K. Pflanzenbiologische Schilderungen.* I. Teil, III. *Epiphyten.* Elwert, Marburg.

1885. *Lachmann, P. Recherches sur la morphologie et l'anatomie des Fougères.* Comptes rendus de l'Acad. d. Sciences, Paris, Bd. 101, S. 603 ff.

1899. *Solereder, H. Systematische Anatomie der Dicotyledonen.* Enke, Stuttgart.

1885. *Trécul, A. Nature radiculaire des stolons de Nephrolepis.* Comptes rendus de l'Acad. d. Sciences, Paris, Bd. 101, S. 915 ff.

1883. *Treub, M. Sur les urnes du Dischidia Rafflesiana Wall.* Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, Bd. VII, S. 13 ff.

1883. *Treub, M. Sur le Myrmecodia echinata Gaudich,* ebenda S. 129 ff.

1906. *Ule, E. Ameisenpflanzen.* Englers Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, Bd. 37, S. 335 ff.

Eingegangen am 13. Juni 1910.

Neuere Ergebnisse der floristischen Erforschung der Umgebung von Basel.

Von

A. Binz.

Die vorliegende Zusammenstellung stützt sich hauptsächlich auf die Beobachtungen der Herren Dr. W. Bernoulli (Basel) = Bern., Binz (Basel) = !, E. Issler (Colmar) = Is., Herm. Lüscher (Grenchen) = L., Dr. Th. Linder (früher in Stein, Aargau) = Li., E. Mantz (Mülhausen) = Mz., Dr. R. Probst (Langendorf bei Solothurn) = Pb., Dr. E. Suter (Dornachbrugg) = Sut. und Dr. Ed. Thommen (Basel) = Th.

Ausserdem wurde die neuere (seit 1901 erschienene) das Gebiet berührende Literatur berücksichtigt und zwar:

1. *Dr. Theodor Linder,* ein Vegetationsbild vom Oberrhein, Mitteilung des bad. bot. Ver., 1903, S. 297—323.
2. *Herm. Lüscher,* Nachtrag zur Flora des Kantons Solothurn, Grenchen 1904, 24 Seiten.
3. *R. Probst,* Beitrag zur Flora von Solothurn und Umgebung, Mitteil. der naturf. Ges. in Solothurn, 2. Heft, XIV. Ber., Sol. 1904, 37 Seiten.
4. *E. Issler,* Glazialrelikte in der Vogesenflora, Mitteil. der philomat. Ges. in Els.-Lothr., 1904 (S. 151—159).
5. *E. Issler,* die Vegetationsverhältnisse der Zentralvogesen mit besonderer Berücksichtigung des Hohneckgebietes, Englers bot. Jahrb., 43. Bd., 3. Heft, 1909, Leipzig.
6. *E. Issler,* die Gefässpflanzen der Umgebung Colmars, Nachtrag und Berichtigungen, Mitteil. der philomat. Ges. in Els.-Lothr., Bd. 3, Jahrg. 13 (1905) S. 282—306.
7. *E. Issler,* Sorbus chamaemespilus und seine Bastarde mit Sorbus aria. Sonderabdruck a. d. Mitteil. der philomat. Ges. in Els.-Lothr., Bd. III, Jahrg. 15, 1907.
8. *E. Issler,* die Pflanzengenossenschaften der ober-elsässischen Kalkvorhügel. Separatabdr. aus „Allg. bot. Zeitschrift für Systematik etc.“, Nr. 768, Jahrg. 1908, herausgegeben von A. Kneucker, Karlsruhe 1908.

9. *Zahn,* die Hieracien der Schweiz, Neue Denkschrift der schweiz. naturf. Ges., 1906.
10. *J. Eichler, R. Gradmann* und *W. Meigen,* Ergebnisse der pflanzengeographischen Durchforschung von Württemberg, Baden und Hohenzollern, 1905—1909.
11. *H. Christ,* Aperçu des récents travaux géobotaniques concernant la Suisse, Bâle 1907.
12. *A. Thellung* (Zürich), Beiträge zur Adventivflora der Schweiz. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. in Zürich, Jahrg. 52, 1907, S. 434—473.
13. *A. Thellung,* die in Europa bis jetzt beobachteten Euphorbia-Arten der Sektion Anisophyllum, Bullet. de l'Herbier Boissier, 2me série, Tome VII, 1907.
14. *Dr. Rob. Keller,* Beiträge zur Kenntnis der Brombeerflora von Säckingen-Mumpf, Separatabdr. aus Mitteil. der naturwiss. Ges. Winterthur, Heft VII, 1908.

Athyrium alpestre Ryl. ist in den Vogesen unseres Gebietes [1]) jetzt nachgewiesen auf den meisten höhern Gipfeln, als Kahler Wasen, Rheinkopf, Rothenbachkopf, Sulzer Belchen und Hohneck (Is.).

Cystopteris montana Bernh., deren östlichster Standort im Jura am Bölchen liegt, ist jetzt in der Weissensteinkette auch im westlichen Teile an verschiedenen Orten nachgewiesen, z. B. Bettlachberg und Staalfluh (Pb.).

Aspidium Phegopteris Baumg., ein für den Jura seltener Farn, ist neuerdings (1905) auch in unserem Gebiete nachgewiesen worden und zwar im Busletenwald bei Solothurn, auf fluvioglazialem Schotter (Pb.). Die Pflanze ist häufig in Schwarzwald und Vogesen.

Blechnum Spicant Roth, ebenfalls häufig in Schwarzwald und Vogesen, aber selten im Jura, ist 1908 am Raimeux (Pb.) gefunden worden und soll auch am Weissenstein vorkommen (3). Nach Godet ist der nächste Standort nach Westen hin in den Franches Montagnes zu suchen.

Aspidium Thelypteris Sw. scheint in den Mooren des Schwarzwaldes noch da und dort vorzukommen, so bei Schachen, nördlich von Hauenstein und bei Rippolingen (Li.).

Aspidium montanum Asch., von Godet für den Jura als selten bezeichnet, ist in neuerer Zeit an verschiedenen Stellen der Weissensteinkette bis zum Brüggli gefunden worden.

Scolopendrium vulgare Sm., ein im Jura häufiger, aber in

---

[1]) Umgrenzung des Gebietes nach Binz, Flora von Basel, 2. Aufl. 1905.

den Vogesen seltener Farn, ist bei der Ruine Wildenstein im Thurtal in den Vogesen entdeckt worden (Is.). Die Pflanze muss auch als verbreitet bezeichnet werden für die kalkigen Vorhügel des Schwarzwaldes von Wilen bis Wehr.

Die Hybride *Asplenium Trichomanes* × *septentrionale* scheint überall aufzutreten, wo die Stammeltern vorkommen; doch nie in Menge; neuerdings nachgewiesen im Murgtal (Li.).

Woodsia ilvensis R. Br., bisher nur bekannt vom Hirschsprung im Höllental, findet sich auch bei Utzenfeld im Wiesentale (A. Lösch in Kneucker, botan. Monatsschrift, 1907, pag. 128).

Ophioglossum vulgatum L. kommt immer noch reichlich vor am Schlangenbergli hinter dem Dornacherschloss und wurde 1906 auch beim Schartenhof an einer feuchten Stelle mit anderen interessanten Pflanzen (Chlora perfoliata, Cirsium-Hybride, Sieglingia decumbens) gefunden (Sut. !). Auch in der Aareebene bei Bellach (Pb.).

Botrychium Lunaria L. ist nach den vielen neueren Funden im ganzen obern Jura als häufig zu bezeichnen.

Equisetum hiemale L. ist nun an so vielen Stellen des Rheinufers bis hinauf nach Laufenburg beobachtet worden, dass die Pflanze als am linken Rheinufer im schweizerischen Teil unseres Gebietes häufig bezeichnet werden darf. Auch stellenweise häufig am Aareufer in der Gegend von Solothurn.

Equisetum variegatum Schleich., bisher nur aus der Rheinebene bekannt, kommt auch im Birstal vor zwischen Delsberg und Courrendlin (!). Am Aareufer stellenweise häufig (Pb.).

Lycopodium Selago L. ist als Charakterpflanze der Weissensteinkette zu betrachten; sie ist in den letzten Jahren an folgenden Stellen daselbst beobachtet worden: Röthi, Geissfluh, Hasenmatte und Staalfluh (Pb.).

Auch für den Schwarzwald sind neue Punkte ihres Vorkommens bekannt geworden: Sirnitz, Schönau und Maisenhardt bei Egg (10).

Lycopodium annotinum L., zahlreiche neuere Fundortsangaben für den Schwarzwald im ganzen Gebietsteile (Li., 10). Ebenso in der Weissensteinkette (Pb., L., Buxtorf).

Lycopodium innundatum L., eine typische Moorpflanze, scheint in den Torfmooren des Schwarzwaldes viel weiter verbreitet zu sein, als bisher angenommen wurde, indem zu den altbekannten Fundorten am Schluchsee, Feldsee und Nonnenmattweiher noch folgende neue hinzugefügt werden können: Torfmoor Jungholz (1905 !), Rickenbach, Hottingen, Finsterlingen und Oberwihl (Li.).

Lycopodium clavatum L. Neue Fundorte im Schwarzwald: Bergseewald bei Säckingen, Rotzel, Oberwihl, Lindau, Hottingen,

Hänner (Li.), Herzogenhorn (!). Darf demnach bei Berücksichtigung der früher schon bekannten Fundorte als im Schwarzwald verbreitet bezeichnet werden.

Selaginella spinulosa A. Br. ist in der Weissensteinkette, besonders westlich der Hasenmatt verbreitet. Auch am Raimeux (Pb.).

Taxus baccata L. Verbreitet, aber sehr zerstreut auftretend. Neue Fundorte: Pfeffingerschlossberg, im Eital auch auf den östlichen Flühen (Th.), im Gebiet des Fricktales an mehreren Stellen (Li.), Nordabhang der Lehnfluh bei Oensingen (!), Hohneck in den Vogesen (Is.).

Pinus montana Mill. kommt auch an der Staalfluh vor (L.).

Juniperus communis L. var. nana Willd. im Jura bis vor kurzem nur bekannt von der Dôle, von Colombier und Reculet, wurde auch gefunden an den Brügglibergflühen (L.). Lüscher erwähnt von demselben Standort Zwischenformen von J. communis var. vulgaris und var. nana. Im Jahre 1905 habe ich an Ort und Stelle selbst Material gesammelt und bin durch Untersuchung desselben zum Schlusse gelangt, dass es sich um *J. communis L. var. intermedia Sanio* handelt.

Eine eigentümliche Form von J. communis fand ich 1905 auch auf dem Gipfel des Landsberges im Solothurner Jura. Die kurzen Internodien und die verhältnismässig kurzen (6—10, gelegentlich auch bis 12 mm langen) und breiten (bis 1,5 mm) Blätter sprechen für die var. nana Willd. Die Blätter sind aber nicht anliegend, sondern wie bei var. vulgaris, abstehend. Die Pflanze stimmt am besten überein mit var. brevifolia Sanio.

Juniperus Sabina L. wurde 1824 unter den Brügglibergflühen gefunden und 1902 wieder entdeckt (L.).

Elodea canadensis Casp. ist aus der Rheinebene bis in den Jura hinein vorgedrungen, so bis gegen Seewen (1907 !).

Stipa Calamagrostis Wahlenb. Dieses stattliche xerophile Gras wurde in den letzten Jahren an verschiedenen Stellen des Jura an sonnigen Halden und Felsen, besonders im südlichen Teile nachgewiesen.

Nardus stricta L., ein typisches Gras magerer Bergweiden, schon von C. Bauhin (1671) in der Rheinebene bei Michelfelden angegeben, wurde neuerdings auch zwischen Sennheim und Lutterbach gefunden (Mz.).

Calamagrostis Halleriana DC. besonders verbreitet in den Alpen und stellenweise in den deutschen Mittelgebirgen, wurde 1903 auch in unserem Gebiete entdeckt und zwar im Schwarzwald, im Murgtal unterhalb Hottingen (Li.).

Sieglingia decumbens Bernh. selten im Jura; mehrere Fundorte neuerer Zeit in der Weissenstein- und Passwangkette (L., Pb.), auch beim Schartenhof ob Dornach (!).

Koeleria cristata Pers. findet sich bei uns in zwei Formen, von denen die eine, ciliata Asch. ziemlich verbreitet ist, während die andere, gracilis Asch. mehr xerophiler Natur ist und nach den bisher bekannt gewordenen Fundorten typisch zu sein scheint für das Rheintal und die warmen Vorhügel von Schwarzwald und Vogesen; Hardgebiete und Kalkhügel im Elsass (Is.), Isteiner Klotz (!).

Koeleria Vallesiana Asch. ist eine typisch xerotherme Pflanze der westlichen Alpen, die bis ins Wallis vordringt. Sie kommt auch in den französischen Mittelgebirgen vor bis Lyon und Dijon und im Neuenburger Jura. Sie wurde in neuester Zeit auch am Sonnenberg und Schössleberg bei Westhalten im Elsass entdeckt (Is.). Es dürfte dies der am weitesten nach Norden vorgeschobene Punkt des Areals dieser Pflanze sein.

Poa alpina L. ist in der Weissensteinkette ostwärts bis zum Hellköpfli verbreitet.

Poa bulbosa L., in der Rheinebene nicht selten, wächst auch auf der Reinacher Heide (Sut.) und bei Solothurn (Pb.).

Festuca amethystina L. auch an der Hasenmatt (Pb.).

Festuca violacea Gaud., Hasenmatt (1905 !) ist für den Jura unseres Gebietes neu.

Festuca myuros L. wächst reichlich auch am Südhang des Eggberges ob Säckingen (Li. !).

Cyperus flavescens L., bisher nur aus der Rheinebene und dem Wiesental bekannt, findet sich auch an verschiedenen Stellen des südlichen Schwarzwaldes, oberhalb Säckingen (Li.).

Scirpus setaceus L. ausser im Rhein- und Wiesental auch im südlichen Schwarzwald ob Säckingen (Li.).

Eriophorum vaginatum L. kommt nach neueren Beobachtungen in allen Mooren des Schwarzwaldes vor.

Carex Halleriana Asso, für unsere Gegend als Xerothermrelikt zu bezeichnen, findet sich bei Istein nicht nur auf dem Klotz (bei dem durch die Festungsanlagen jetzt zerstörten Pavillon), sondern auch am Hardberg zwischen Efringen und Istein (!) und an verschiedenen Stellen längs dem Strässchen nach Kems (!).

Am Südrande des Jura war die Pflanze bisher bloss bis zur Gegend von Biel und an einer Stelle bei Brugg bekannt, 1907 wurde sie auch auf der Randfluh ob Schloss Bipp aufgefunden (Pb.) und 1909 sogar an den Felsen nördlich von Welschenrohr, also innerhalb der Randkette (Pb.). Letzteres Vorkommnis erscheint um

so merkwürdiger, als eine direkte Verbindung mit dem Fundort bei Bipp nicht denkbar ist.

Die xerothermen Arten scheinen überhaupt vielerorts tiefer in das Juragebirge eingedrungen zu sein, als bisher angenommen wurde; sie wurden aber später offenbar meist wieder von den andern Arten verdrängt und haben sich nur an klimatisch besonders begünstigten Stellen erhalten.

Carex humilis Leyss., ebenfalls als ein Xerothermrelikt aufzufassen, ist ausser an den schon bekannten Stellen auch am Hofstetter Köpfli (!) und auf der Mumpferfluh (Li.) beobachtet worden.

Juncus filiformis L., eine alpine Art, aus den höheren Teilen des Schwarzwaldes längst bekannt, wurde auch im südlichen Teile desselben im Torfstich von Jungholz ob Säckingen aufgefunden (Li.).

Juncus supinus Mönch. ist in den Mooren des Hotzenwaldes überall häufig (Li.).

Juncus alpinus Vill. in den Vorbergen der Weissensteinkette an verschiedenen Stellen (L. Pb.).

Anthericum Liliago L. ist in den Hardwaldungen des Elsass, sowie auf den Vorhügeln des Schwarzwaldes und besonders der Vogesen verbreitet und steigt am Hohneck bis 1300 m empor (letztere Beobachtung von Is.).

Allium Victorialis L., eine alpine Art, ist in den letzten Jahren auf den höchsten Gipfeln sowohl im Jura (Obergrenchenberg), als im Schwarzwald (Feldberg) und in den Vogesen (Sulzer Belchen, Hohneck) mehrfach nachgewiesen worden.

Allium Schoenoprasum L. Neue Fundorte am Rheinufer zwischen Stein und Sisseln und zwischen Wallbach und Säckingen.

Allium sphaerocephalum L., xerotherm. Neue Fundorte: Birsrain zwischen St. Jakob und Neue Welt (Magnat), Reinacher Heide (Sut.).

Scilla bifolia L. Die Fundortsangaben haben sich für das ganze Gebiet so sehr gehäuft, dass die Pflanze als in wärmeren Lagen verbreitet bezeichnet werden darf; sie steigt in den Vogesen bis zu den höchsten Gipfeln empor (Is.).

Tamus communis L., eine Charakterpflanze der wärmeren Hügelzone des Rheintales dringt auch weit in den Jura vor; so im Birstal bis Courrendlin (1908 !).

Ophrys opifera Huds. Beim Schartenhof ob Dornach findet sich die eigentümliche *var. Trollii Hegetschw.*, ausgezeichnet durch den verlängerten, nicht zurückgeschlagenen, schmallanzettlichen, zugespitzten Mittellappen der Lippe (Sut. !).

Die Fundortsangaben der 4 Ophrysarten haben sich in den letzten Jahren so sehr vermehrt, dass die Pflanzen als im ganzen Gebiete verbreitet, wenn auch an bestimmten Stellen lokalisiert, bezeichnet werden müssen.

Ophrys fuciflora Rchb. ist besonders häufig im Weidengebüsch der Rheinebene unterhalb Hüningen bis Kembs und längs der Birs.

Ophrys aranifera Huds. ist die seltenste der 4 Arten und erscheint meist nur in wenigen Exemplaren; reichlich hingegen an gewissen Stellen im Weidengebüsch bei Rosenau (Elsass).

Orchis purpurea Huds. Zu den wenigen bekannten Fundorten ist ein neuer hinzuzufügen: Hinterbergholz bei Therwil (Basel-Land); die prachtvolle Pflanze bildet hier eine Kolonie von mindestens 40 bis 50 Exemplaren.

Himantoglossum hircinum Spreng., ein Xerothermrelikt, häufig in der Hügelzone von Istein bis Kleinkems, wurde von C. F. Hagenbach bei Grenzach angegeben („in monte Grenzacensis latere meridionali loco aprico rarius"). Im Jahre 1906 wurde die Pflanze hier wieder entdeckt (Buxtorf); es waren, wie ich mich an Ort und Stelle selbst überzeugte, 5 blühende Exemplare vorhanden.

Am Südrand des Jura war die Pflanze bis Biel bekannt; vereinzelte Exemplare wurden auch in der Grenchenwiti gefunden (L.).

Nigritella angustifolia Rich. ist in der Südkette des Jura verbreitet von Tiefmatt ob Grenchen bis zum Weissenstein.

Epipactis sessilifolia Peterm., in unserem Gebiet zuerst entdeckt von Dr. Christ bei Liestal, wurde in den letzten Jahren an vielen Stellen des Jura nachgewiesen, besonders auch in der Südkette.

Spiranthes autumnalis Rich., an vielen Stellen des nördlichen Schwarzwaldes, östlich vom Wehratal, angegeben (Li.), findet sich auch auf der Südseite des Schweizer-Blauen ob Nenzlingen (!).

Listera cordata R. Br. Mehrere neue Fundorte im Schwarzwald (10).

Sturmia Loeselii Rchb. wurde in der elsässischen Rheinebene zwischen der Fischzuchtanstalt und Rosenau entdeckt (1890, G. Müller !).

Thesium pratense Ehrh. findet sich an der Birs nicht nur bei St. Jakob und Neue Welt, sondern überall längs des Flusses aufwärts bis Aesch; auch bei Crémine. Ausserdem verbreitet im ganzen Hotzenwald und in der elsässischen Rheinebene, z. B. im Löchli.

Nigella arvensis L., ein typisches Unkraut der Brachfelder, wird mit Aufhebung der Brachwirtschaft immer seltener, wurde 1908 „in den Fiechten" bei Aesch beobachtet (Sut.).

Aconitum Napellus L., in den obern Teilen von Jura, Schwarzwald und Vogesen häufig, wird mit den Flüssen tief herabgeschwemmt. Im Birstal kommt die Pflanze im Weidengebüsch längs des Flusses vor bis unterhalb Münchenstein. Neuerdings wurde dieselbe Beobachtung im Schwarzwald gemacht, wo die Pflanze im Murgtal bis nach Murg hinuntergelangt ist (Li.).

Anemone Hepatica L. ist in der Hard am Rhein fast erloschen; wächst auch in der Hügelzone auf dem rechten Rheinufer in der Gegend von Bettingen, Wilen und Rührberg.

Thalictrum galioides Nestl., eine der seltensten Arten unserer Sumpfwiesen, bisher nur von Michelfelden bekannt (schon C. Bauhin), wurde neuerdings im Löchli (!) und zwischen Obermumpf und Stein nachgewiesen (Li.).

Corydalis lutea DC., bei uns nur an alten Mauern etc. wohl nur als Gartenflüchtling, spontan im Tessin und Wallis, findet sich auch an Felsbändern der Combe Vaberbin bei Bressaucourt in der Mont Terri-Kette, südlich von Pruntrut, wo sie mir 1908 von Koby gezeigt wurde. Die Pflanze wächst hier vollständig wild, weit entfernt von irgend einer menschlichen Ansiedelung. Der Standort ist auch schon von Montandon (Synopsis de la flora du Jura et du Sundgau, 1856) angegeben, bis heute aber noch nicht in die Flora der Schweiz aufgenommen worden (liegt etwas ausserhalb des Gebietes der Flora Basels).

Hier mag kurz daran erinnert werden, dass die Umgebung von Pruntrut in Polygala calcarea F. Schultz und Seseli montanum L. noch zwei weitere eigene Arten besitzt, die wohl von Westen her hier eingedrungen sind. Dasselbe gilt auch für Peucedanum carvifolium Vill., welches dann freilich auch im Birstal von Münchenstein bis Aesch wieder auftritt.

Eine ganz eigentümliche Pflanze der Pruntruter Gegend ist Anthriscus silvestris Hoffm. ssp. stenophylla (Rouy) Briq. (A. alpina Jord.), die nur an einer einzigen Stelle „Sous les roches“ bei Bressaucourt im Felsgeröll, hier aber reichlich, vorkommt.

Arabis arcuata Shuttlew. (A. alpestris Rchb.), früher im Jura mit Sicherheit nur bis zum Chasseral nachgewiesen, findet sich auch in der Weissensteinkette vom Grenchenberg (Wandfluh-Brügglibergflühe) über Staalfluh (!) bis zur Hasenmatt (!).

Arabis saxatilis All., von Godet (Suttleworth) im Solothurner Jura angegeben, ist neuerdings nachgewiesen worden am Fusse der Brügglibergflühe (L., Pb.) und an der Lehnfluh ob Niederbipp (Pb.).

Saxifraga rotundifolia L. ist in der Weissensteinkette sicher nachgewiesen an den Brüggelibergfelsen, Wandfluh, Tiefmatt und kürzlich auch am Nordabhang des Grencherberges ob Court (!).

Sorbus ambigua Nym. ist neu nachgewiesen worden für Vogesen (Hohneck, Sulzer Belchen) und Schwarzwald (Feldberg), während das Vorkommen von S. chamaemespilus am Feldberg in Abrede gestellt wird (s. Is., 7).

Rubus. Angabe zahlreicher neuer Arten und Formen von Dr. R. Keller (14) in der Gegend von Mumpf, Fricktal, Wehr, Säckingen und Eggberg.

Fragaria collina Ehrh. an mehreren Stellen neu beobachtet, so im Reinacher Wald (!), Reinacher Heide (Sut. !), Neuhof bei Reinach und „im Kägi" bei Dornachbrugg (Sut.), am Waldrand des Moosholzes an der Strasse zwischen Reinach und Therwil (!); bei Egerkingen im Kt. Solothurn (Pb.).

Potentilla villosa Crantz, eine alpine Art, kommt in der Weissensteinkette vom Grenchenberg bis zur Hasenmatt vor; weiter nördlich auch auf dem Gipfel des Moron (!).

Alchemilla. Mehrere Arten und Formen sind besonders im Jura konstatiert worden (L., Pb. u. !).

Rosa micrantha Sm. auf dem Hofstetter Köpfli (!), hier auch Zwischenformen von micrantha und agrestis (!).

Rosa agrestis Savi. Hofstetter Köpfli bis zum Schiessplatz (!), Dornacher Schlossberg und gegen Hochwald (Sut.).

Trifolium ochroleucum L., eine Art der montanen Region, findet sich stellenweise auch in der Ebene; so im Elsass bei Rixheim (!) und bei Wittelsheim (Is.), in Baden bei Schwörstadt, Brennet, Murg (Li.) und in der Aareebene bei Grenchen, Bettlach und Altreu (Pb.).

Trifolium montanum L. steigt ebenfalls in die Ebene hinunter, z. B. Löchli im Elsass (!).

Anthyllis Vulneraria L. var. alpestris Kit., von C. Schröter an der Ravellenfluh ob Oensingen angegeben, wächst auch auf der Staalfluh (!).

Vicia dumetorum L. Die Fundortsangaben im Jura haben sich so sehr gehäuft, dass die Pflanze daselbst als verbreitet bezeichnet werden muss.

Lathyrus heterophyllus L. wurde am Fusse der Brüggelibergflühe entdeckt (L.). Diese Art findet sich im Jura erst wieder in der Lägern, im Randen und im schwäbischen Gebiete.

Polygala depressa Wender. wurde von Friche-Joset an mehreren Stellen des Jura verzeichnet, wie z. B. Hauenstein, Langenbruck, Liestal, Balstal etc. Diese Angaben konnten aber niemals

bestätigt werden. Hingegen findet sich die Pflanze in der Weissensteinkette bei Tiefmatt (!) und ausserhalb des Gebietes häufig in den Mooren und auf feuchten Wiesen der Franches Montagnes (!).

Im Schwarzwald sind zu den bisher bekannten Fundorten mehrere neue gekommen: Bernau, Bergalingen, Oberwihl (Li.), Schweikhof bei Wieladingen, Hänner, Hottingen, Todtnau (!).

Polygala alpestris Rchb. wird von Godet für den Jura vom Reculet bis zum Chasseral angegeben. Die Pflanze ist nun auch (von Charpié) auf dem Ober-Grenchenberg gefunden worden.

Euphorbia maculata L. Hieher gehört nach den Untersuchungen von Dr. A. Thellung in Zürich die bisher als E. Engelmanni Boiss. bezeichnete Pflanze von Rheinweiler, die immer noch auf dem Bahnkörper daselbst vorkommt.

Buxus sempervirens L. besitzt in unserem Gebiete vier Teilareale. 1. Im Elsass am Buchsberg und Brizgiberg bei Illfurt. 2. In Baden am Südrand des Dinkelberges am Hornberg und Grenzacherberg. 3. In der Umgebung von Liestal. 4. Am Südhang des Jura bei Oberbuchsiten, Egerkingen und Hägendorf.

Nach Dr. Christ hat die Besiedelung der warmen Hügel um Liestal von dem nördlich davon gelegenen Dinkelberg aus stattgefunden. Es ist aber anderseits durch neuere Funde auch eine fast ununterbrochene Kette vom Gebiet des südlichen Jura bis Liestal festgestellt worden über Oensingen-Balsthal, oder Hägendorf-Langenbruck-Waldenburg (1905, Th.)-Hölstein-Liestal.

Damit wird freilich die Annahme von Christ nicht widerlegt; es erscheint vielmehr wahrscheinlich, dass eine Ausstrahlung vom südlichen Areal bis Langenbruck und anderseits eine solche vom nördlichen bis Waldenburg stattgefunden hat. Der obere Hauenstein würde dann als Scheidelinie aufzufassen sein, vorausgesetzt, dass uns nicht weitere Funde auch diese letzte Schranke als eine unwahrscheinliche erkennen lassen.

Staphylea pinnata L., die wir auch zu den xerothermen Elementen unserer Flora rechnen dürfen, ist im Rheintal und an den begrenzenden warmen Hügeln beiderseits, aber besonders links des Stromes, verbreitet, ebenso an klimatisch begünstigten Stellen des Jura.

Acer opulifolium Vill. ist eine typisch xerotherme Pflanze, die dem südlichen Jurarande bis Grenchen folgt, einzelne versprengte Standorte auch noch weiter östlich aufweist und stellenweise auch in das Innere des Gebirges vorgedrungen ist. Der Baum ist z. B. häufig in den Klusen zwischen Court und Moutier und zwischen Moutier und Courrendlin. Auch am Südhang des Raimeux sind in neuester Zeit Standorte nachgewiesen worden

(Pb., Sut.), besonders reichlich direkt über Moutier (!), ferner auf der Südseite des Fringeli (Heyer). Aber auch nördlich von Delsberg, auf dem Gipfel des Landsberges (750 m) ob der Station Liesberg stehen einige kräftige Exemplare, die jedes Jahr blühen und fruktifizieren (!), und das nördlichste Vorkommen ist dasjenige von Dornach (G. Müller). Die Pflanze hat also den ganzen Jura, dem Einschnitte des Birstales folgend, durchquert.

Helianthemum canum Dun. ist reichlich vorhanden an den Felsen der Wandfluh, Brügglibergflühe und Staalfluh; neuerdings auch beobachtet an den Heiterwaldfelsen bei der Staalberghütte (Pb.).

Viola palustris L., häufig in allen Mooren des Schwarzwaldes und der Vogesen, tritt an schattigen Stellen in der Form major Murb. auf, so bei Jungholz (!) und am Hännerwuhr bei Hänner (!).

Viola hirta L. tritt in der Hügelzone bei Grenzach (!) und bei Istein (!) auf als var. variegata Rupp. mit weissgescheckten Blüten.

Viola canina L. ist in unserem Gebiete nicht häufig beobachtet worden, scheint aber im höhern Schwarzwald, z. B. ob Todtnau gegen Mausboden und Stiebenmatte (!) und auf Juraweiden, z. B. Blauenweide ob Zwingen (!), Mont Moron (!), Weissensteinkette (L., Pb.) doch ziemlich verbreitet zu sein.

Viola montana L. (und var. Schultzii) wurde für unser Gebiet neu entdeckt im Nonnenbruchwald bei Reichweiler im Elsass (Mz.). Am gleichen Orte wächst auch V. canina L., nicht hybride Zwischenformen von V. canina und V. montana und endlich die Hybride V. canina × Riviniana.

Viola hirta × odorata scheint sehr verbreitet zu sein; in den letzten Jahren sind folgende Fundorte bekannt geworden: Bruderholzrain (!), Hard bei Birsfelden (!), Gewerbehollen und Trollerwäldchen bei Dornach (Sut. !), Grenzacherberg (!), Hardberg bei Istein (!).

Viola alba × odorata wurde neu nachgewiesen am Dornacher Schlossberg (Sut. !) und f. subalba am Wenkenberg bei Riehen (!).

Viola alba × hirta am Dornacher Schlossberg (Sut. !) und am Fuss der Felsen ob Tiefental bei Dornach (Sut.).

Viola collina × hirta am Wartenberg (!).

Viola canina × silvestris im Torfmoor Jungholz (!).

Viola canina × Riviniana am Mont Moron im Jura (!) und im Murgtal unter Hottingen im Schwarzwald (!).

Viola mirabilis × silvestris bei Arlesheim (Sut.).

Viola lutea ssp. elegans × *tricolor ssp. alpestris* bei Mittlach in den Vogesen (Is.).

Peplis Portula L. wurde im südlichen Schwarzwald, östlich vom Wehratal, an mehreren neuen Stellen nachgewiesen (Li.).

Anthriscus nitida Garcke ist nach meinen Beobachtungen eine für den höhern Jura typische Pflanze; sie wächst z. B. reichlich auch auf der Nordflanke des Raimeux (!).

Selinum carvifolia L., bisher nur aus der Ebene bekannt, findet sich auch im Schwarzwald zwischen Hottingen und Hänner (Li.) und bei Harpolingen (!).

Primula elatior × *officinalis* findet sich ausser an den bisher bekannten Standorten auch reichlich zwischen Fehren und Büsserach im Kanton Solothurn (!).

Anagallis tenella L. wurde im südlichen Schwarzwald im Jahre 1866 entdeckt im Torfmoor bei Hänner und 1867 anderthalb Stunden weiter oben beim Gut Oberhof, an beiden Orten von Kilian. Im Torfstich Jungholz wurde das zierliche Pflänzchen 1874 von Sickenberger gefunden. Dies waren Jahre lang die einzigen bekannten Angaben und die Pflanze wurde daher als sehr selten bezeichnet. Gestützt auf dieses spärliche Vorkommen (auch in der Schweiz wächst Anagallis tenella nur an einem einzigen Orte bei Vevey) und die übrigen Verbreitungsverhältnisse hat Christ (11, Seite 45) die Pflanze zu den Xerothermrelikten gerechnet.

Nun sind aber in den letzten Jahren Beobachtungen gemacht worden, die eher dafür sprechen, dass wir es hier mit einer typisch mitteleuropäischen Art zu tun haben. Dr. Th. Linder hat nämlich A. tenella an vielen Stellen des südlichen Schwarzwaldes und in grosser Menge nachgewiesen. Er schreibt selbst (1, Seite 320): „Endlich zeigt sich den begierigen Wanderern das langverheissene Kleinod, an den Rand des Moorgrabens sich schmiegend, von der Blütenfarbe abgesehen, in der Tracht eine Lysimachia Nummularia im kleinen vorstellend, die zarte rosablütige Anagallis tenella (Torfmoor bei Hottingen, genannt ‚der alte Weiher'). Ausser an dieser Stelle findet sich das seltene Pflänzchen noch an vielen ähnlichen Orten der Umgegend bis hinab gegen Hänner."

Dr. Linder hat mir (1905) folgende Fundorte mitgeteilt und mir die Publikation derselben nebst seinen andern Angaben über das Gebiet gestattet: Rickenbach, Luttingen, Hottingen, Obersäckingen, Rippolingen, Schweikhof, Harpolingen, Murg, Diegeringen, Rhina, Binzgen, Zechenwihl, Sood, Oberhof, Hänner, Andelsbachthal, Rotzel, Hochsal, Grunholz. (Ich selbst fand 1906

A. tenella reichlich auf Quellfluren des Röthenbächle bei Harpolingen und E. Thommen 1908 am Thimosweiher bei Oberhof.)

Centunculus minimus L. wurde 1907 auch beim Schlatthof bei Aesch entdeckt (Sut.), war im gleichen Jahre auch auf dem Bruderholz reichlich vorhanden (!).

Fraxinus excelsior L. var. monophylla Desf., eine Esche mit einfachem Blatt, stand 1906 in einem stattlichen Exemplar im Weidengebüsch an der Birs oberhalb Dornachbrugg (Sut. !), wurde bei Anlage eines Fabrikkanals leider umgehauen.

Scutellaria minor L., bisher zu den seltensten Arten der Schwarzwaldmoore gezählt, zeigt eine ähnliche Verbreitung wie Anagallis tenella, in deren Begleitung sie oft vorkommt, so bei Harpolingen (!). Dr. Linder hat mir 1905 folgende Fundorte namhaft gemacht: Hütten, Hänner-Hottingen, Oberwihl, Schachen, Obersäckingen, Egg, Rickenbach, Schweikhof, Rippolingen, Harpolingen, Murg, Sood, Oberhof, Binzgen, Andelsbachthal, Rotzel, Hochsal, Mühlbachthal ob Hauenstein.

Veronica montana L. Die Standortsangaben aus dem ganzen Gebiete haben sich in den letzten Jahren so gehäuft, dass die Pflanze als verbreitet zu bezeichnen ist.

Veronica scutellata L. Mehrere neue Standorte im südlichen Schwarzwald östlich vom Wehratal (!).

Euphrasia salisburgensis Funck bisher nur aus den höhern Teilen des Jura bekannt, wächst auch an den Felsen des Pelzmühletales und am Dornachberg über der Strasse nach Hochwald (Sut. !). Eine besondere Form cuspidatissima Saint-Lager wurde auch an den Vorhügeln der Vogesen bei Osenbach gefunden (Is.). Hier auch E. salisburgensis × stricta (Is.).

Euphrasia nemorosa H. Mart. Neue Fundorte: Rodersdorferberg, bei Develier und la Combe Chopin bei Roches (!). Nach Probst verbreitet auf den höhern Weiden der Weissensteinkette: Obergrenchenberg, Staalfluh, Althüsli, Binz, Weissenstein, Röthi; hier handelt es sich aber um eine gedrungene Bergform, die Lüscher zur var. nitidula Reuter rechnet.

Auch auf dem Hohneck und Sulzer Belchen in den Vogesen (Is.).

Euphrasia stricta Host ist häufig beiderseits der Birs bei St. Jakob, Münchenstein, Dornach und Reinacher Heide (!), auch auf der Neudorfer Heide (!), ebenso auf den Höhen des Schwarzwaldes: bei Marzell (Bern.), Schönau-Belchen, Todtnau, Herzogenhorn, Grafenmatt, Feldberg, Hexenplatz-Vogelbach am Blauen (!). Mit nemorosa am Rodersdorferberg im Jura (!).

Euphrasia Rostkoviana Hayn., in typischer Ausbildung durch ihren Drüsenreichtum ausgezeichnet, findet sich häufig auf Jura-

weiden in drüsenlosen oder armdrüsigen und kleinblütigen Formen, var. minoriflora Borbas (Bern. !).

Alectorolophus angustifolius Heynh. wurde an mehreren neuen Standorten des Schwarzwaldes gefunden: Riedichen-Schlechtbach, Luchle, Herrischwand, Herrischrieder Oedland, Altdorf (Li.).

Pedicularis foliosa L. wurde in den Vogesen ausser am Hohneck neuerdings auch auf dem Rothenbachkopf nachgewiesen (Is.).

Pedicularis palustris L. ist in den Mooren des Schwarzwaldes verbreitet, z. B. bei Rippolingen, Hottingen, Schweikhof bei Wieladingen (!).

Utricularia Breemii Heer findet sich in der elsässischen Rheinebene von Neudorf bis Rosenau (!), wurde früher mit U. minor L., welche an denselben Stellen vorkommt, verwechselt.

Orobanche flava Mart. wurde für unser Gebiet zum erstenmal nachgewiesen in der Oberdörfer Klus auf Petasites albus (Pb.).

Globularia cordifolia L., eine Charakterpflanze der Jurafelsen, bildet auch auf der Reinacherheide eine grosse Kolonie (Sut. !).

Plantago major L. var. nana Tratt. ist in unserem Gebiete vorhanden auf dem Bruderholz (!) und beim Schlatthof bei Aesch (Sut.).

Asperula tinctoria L., ein Xerothermrelikt, bis jetzt aus dem Jura nach Godet bloss an 2 Stellen, nämlich bei „le bois de Montcherrand près d'Orbe" und „sur les collines de Brazel au fond du vallon de la Brévine" bekannt, wurde 1907 entdeckt an der Roten Halde ob Egerkingen (Pb.). Die Pflanze kommt auch an gewissen Stellen der Vorhügel von Schwarzwald und Vogesen vor.

Galium boreale L., eine Pflanze, die in den Sumpfwiesen von Neudorf bis Neuweg reichlich vorkommt und von Godet auch für die Torfmoore des Jura angegeben wurde, ist auch an mehreren Stellen des Jura und in der Aareebene unseres Gebietes gefunden worden; so zwischen Courrendlin und Vicques (!), Grenchenwiti und Vorberg (L.), Aareebene von Grenchen bis Bellach, Lommiswilmoos, Sumpfwiesen ob Busleten (Pb.), Kalkfelsen ob Blauenstein (L.).

Campanula Scheuchzeri Vill. ist auf den Weiden der Weissensteinkette von Tiefmatt bis zum hintern Weissenstein häufig, auch am Raimeux (Pb.). Im Schwarzwald kommt sie ausser an den bisher bekannten Orten auch auf dem Gipfel des Herzogenhornes vor (!).

Phyteuma nigrum Schmidt wurde im Murgtal unter Hottingen entdeckt (Li.). An demselben Standorte sah ich auch Zwischenformen von Ph. nigrum und Ph. spicatum L. Bei der Ruine

Herrenfluh im Elsass kommt auch Ph. spicatum mit himmelblauen Blüten vor (Is.).

Erigeron alpinus L., eine alpine Art, wurde mir 1906 vom Passwang vorgelegt.

Buphthalmum salicifolium L. wächst auch in der elsässischen Ebene auf Sumpfwiesen „im Löchli“ (!).

Corlina vulgaris L. steigt stellenweise bis in die Bergregion an, findet sich z. B. auf Pré Richard ob Court bei 1200 m (!).

Carduus nutans L., eine Pflanze der Ebene und Hügelregion, steigt auch in die Bergregion empor und findet sich z. B. auf Juraweiden, wie am Grenchenberg, Weissenstein etc. (Pb.).

Crepis blattarioides Vill., eine alpine Art, ist in der Weissensteinkette von Tiefmatt bis zur Hasenmatt häufig.

Crepis succisifolia Tausch ist in der Weissensteinkette von Tiefmatt bis Schwengimatt verbreitet und stellenweise reichlich vorhanden.

Crepis aurea Cass. ist in der Weissensteinkette ostwärts verbreitet bis zum Hellköpfli.

Hieracium.

H. Pilosella L.

Ssp. subvirescens N. P. 3. epilosum N. P. bei Herthen (!).

Ssp. vulgare Tausch Birsufer zwischen Münchenstein und Dornach (Sut.), bei Angenstein (!), Basel (Bern. in 9).

Ssp. Pilosella (L.) N. P. Solothurner Jura (Bern. in 9).

Ssp. parviflorum N. P. Basler Jura (Bern. in 9).

Ssp. angustius N. P. Bei Basel (!).

Ssp. argenticapillum N. P. Weissenstein (N. P.).

Ssp. bellidiforme N. P. Weissenstein (Gremli, Neue Beiträge V, Seite 34).

H. auricula Lam. et DC.

Ssp. Auricula Lam. et DC. a) genuinum N. P. 2. setosum N. P. Oberwil im Birsigtal (!). 3. subpilosum N. P. Torfmoor Jungholz im Schwarzwald.

Ssp. magnaauricula N. P. Ober-Dornach (Sut.) 1. subcalvum N. P. Katzenmoos ob Säckingen (!). 2. pilosum N. P. Katzenmoos ob Säckingen (!).

H. florentinum All.

Ssp. obscurum Rchb. Leopoldshöhe, Rheinweiler (!), Unteres Wiesental (Bern. in 9).

Ssp. praealtum Vill. verbreitet, z. B. an der Birs zwischen St. Jakob und Neue Welt (!), im Jura an verschiedenen

Stellen, im Rheintal bei Grenzach (Bern. in 9), Istein, Neudorf (!).

Ssp. parcifloccum N. P. bei Mauchen angegeben (Klein, Fl. bad.).

Ssp. anadenium N. P. Rheinhalde beim Hörnli (!), Rothleiblenwald bei Ensisheim (Is.).

H. Zizianum Tausch

Ssp. rhenovallis Zahn am rechten Rheinufer unterhalb der Hüninger Schiffbrücke (!) und am linken Ufer unterhalb Grosshüningen (!); nach Zahn von Basel ab am Rand der beiderseitigen Gebirge und in der Ebene zerstreut. Auch bei Solothurn in der Kiesgrube gegen Wengistein (!).

H. bupleuroides Gmel.

Ssp. inulifolium Prantl. Solothurn gegen den Weissenstein (Pb. in 9).

Ssp. Schenkii Griseb. a) genuinum N. P. 1. normale N. P. Ravellenfluh (Ducommun in 9). b) clabrifolium N. P. Gwidemfluh (!), Galerie du Pichoux (!). — Welchen Formen die übrigen zahlreichen Funde unseres Jura angehören, ist erst noch zu ermitteln.

H. scorzonerifolium Vill. ist an der Schartenfluh nur noch spärlich vorhanden und zwar die Ssp. scorzonerifolium Vill.

H. murorum L. em. Hudson (H. silvaticum Zahn) ist überall häufig.

Ssp. oecogladum Jord. Ravellenfluh bei Oensingen (Wilczeck in 9), Basel (Münch in 9).

Ssp. gentile Jord. a) genuinum Zahn verbreitet. b) silvivagum Jord. Jura: Prè Richard ob Court (!). Schwarzwald: im Mauswald zwischen Todtnau und dem Bernauer Kreuz (!). c) micropsilon Jord. Reinacherheide (Sut.), Ettingen (Bern. in 9), Weissenstein (Is. in 9).

Ssp. serratifolium Jord. Im Wald zwischen Asp und Geispel, Gem. Muttenz (Sut.) An einem Waldweg des Eggberges ob Säckingen (!).

Ssp. circumstellatum Zahn rechts der Birs oberhalb Dornachbrugg (Sut. !), Klus zwischen Moutier und Court (!), Weissenstein (Is. in 9).

Ssp. exotericum Jord. a) genuinum Zahn Bölchenfluh (Bern. in 9). b) nemorense Jord. Helfenberg (!).

Ssp. oblongum Jord. Vogesen: Wald zwischen Mordfeldhütte und Lauchensee (Sut.).

H. vulgatum Fr. überall häufig.

Ssp. approximatum Jord. a) genuinum Zahn gegen Weil (Bern).

Ssp. aurulentum Jord. b) paucifoliatum Jord. rechts der Birs oberhalb Dornachbrugg (Sut. !).

Ssp. irriguum Fr. Schwarzwald: Wäldchen zwischen dem Gipfel des Feldberges und dem Stübenwasen (!).

Ssp. argillaceum Jord. a) Lachenalii Gmel. Nonnenwald bei Basel (Bern. in 9). Schwarzwald: Belchen (!), Bernau-St. Blasien (!). b) argillaceum Jord. rechts der Birs zwischen St Jakob und Neue Welt (!), Weidenmatten bei Dornach (Sut.). Vogesen: Am Weg von Gebweiler nach dem Belchen (Sut.).

H. psammogenes Zahn.

Ssp. oreites A.-T. Hasenmatt (Muret in 9), Felsenschutt unter der Westfluh der Hasenmatt (!), Staalfluh (!).

H. saxifragum Fr. für unser Gebiet neu, in den Vogesen zwischen Marksteinhütte und Hahnenbrunnhütte zwischen Sulzer Belchen und Hohneck (Sut. 1907), Hohneck (Is.).

H. amplexicaule L. ist im Jura sehr verbreitet.

Ssp. amplexicaule L. a) genuinum Zahn Pfeffinger Schloss (Bern.), Fürstenstein am Blauen (!), Sennhaus bei Schloss Gilgenberg (!), Beinwilberg (!), Passwang (!), Waldenburger Schloss (!), Homburger Schloss (!), Hochrüti ob Olten (!).

Ssp. Berardianum A.-T. Witwald bei Eptingen (Bern.), Homburg (!), Passwang (!), Thürberg und Roggenfluh im sol. Jura (!).

Ssp. speluncarum A.-T. 1) subhirsutum A.-T. Läufelfingen (Münch in 9), Hoggen ob Erschwil (!), Passwang (Bern.), Schloss Bechburg ob Oensingen (!).

H. prenanthoides Vill.

Ssp. strictissimum Froel. Schwarzwald: Feldberg (!). Vogesen: Hohneck (Moug. in Zahn).

Ssp. praeruptorum Godr. Vogesen: Rothenbachkopf (Bern.), Hohneck.

Ssp. lanceolatum Vill. Schwarzwald: Feldberg. Vogesen: Sulzer Belchen und Hohneck.

H. laevigatum Willd.

Ssp. tridentatum Fr. Busletenwald bei Langendorf (Pb.). Schwarzwald: Bernau-St. Blasien (!), Feldberg (!). Vogesen: Rossberg, Hohneck etc. (Is.).

Ssp. perangustum Dahlst. Hohneck in den Vogesen (9, Seite 669).

Ssp. laevigatum Willd. Bei Todtnau zwischen Wasserfall und Scheuermattwald (!).

H. inuloides Tausch.

Ssp. tridentatifolium Zahn. 1. normale Zahn Hohneck.

Ssp. inuloides Tausch. Feldberg: Waldweg zwischen Rinken und Baldeweger Hütte, am Seebuck. Vogesen: Rothenbachkopf (Bern.), Wormspel am Hohneck (Is.), zwischen Altenweier und dem Rheinkopf (Is. in 9).

H. sabaudum L.

Ssp. vagum Jord. um Basel verbreitet; Weiler Wäldchen, Nonnenwald, Lange Erlen, Grenzacher Horn (Bern.), Birstal (!), Hüningen (Bern.), Basel-Weil an der Wiese (!), Weiler Rain (!), Hörnli gegen Grenzach (!), Hüningen (!). Oberelsass.

Ssp. sublactucaceum Zahn Hornberg-Wenkenhof (!).

Ssp. virgultorum Jord. nach Zahn im Rheintal von Basel ab sehr verbreitet. Dornachberg (Sut.), „in den Widen" rechts der Birs oberhalb Dornachbrugg (Sut. !). Schwarzwald: bei Todtnau am Wasserfall (!). Vogesen (9).

H. lycopifolium Froel. ist nach Issler in den Vorbergen der Vogesen nicht selten, so am Oberlinger bei Gebweiler, zwischen Thann und Gebweiler z. B. oberhalb Steinbach und Wattweiler. Im Gebiet des Jura ist die Pflanze in den letzten Jahren an 2 Stellen der Südflanke beobachtet worden, nämlich im Wald bei Allerheiligen („Chappeli") ob Grenchen (L.) und an der Lehnfluh ob Niederbipp (Pb.).

Adventivpflanzen.

Seit 1880 neu nachgewiesene Arten:

Panicum capillare L. 1900, 1906, Eragrostis megastachya Link 1908, E. Abessinica Link 1907, Festuca geniculata Willd. 1903, Cynosurus echinatus L. 1903, Bromus unioloides Kunth 1903, Hordeum Gussoneanum Parl., Triticum triaristatum Gr. et Godr. 1902, T. cylindricum Gr. et Godr. 1903, T. villosum (L.) M. B. 1908, Juncus tenuis Willd. bei Reichenweiler im Elsass 1908, Sisyrinchium anceps L., Chenopodium hircinum Schrad., Atriplex tataricum L., Kochia scoparia Schrad., Amarantus chlorostachys Willd., A. albus L., A. deflexus L., A. crispus Terracc., Phytolacca decandra L., Silene dichotoma Ehrh., S. conica L., S. gallica L.,

S. pendula L., Glaucium corniculatum Curt., Hypecoum procumbens L., Fumaria capreolata L., Lepidium virginicum L., L. Draba L. hat sich sehr verbreitet, auch in der Umgebung von Solothurn, L. perfoliatum L., Sisymbrium orientale L., S. austriacum Jacq., S. Loeselii L., Rapistrum orientale L., Erysimum repandum L., Chorispora tenella DC., Berteroa incana DC. ist jetzt weit verbreitet, auch in der Umgebung von Solothurn, Bunias orientalis L., Euclidium syriacum R. Br., Conringia orientalis Andrz., Myagrum perfoliatum L., Reseda Phyteuma L., Sedum spurium M. Bieb., Potentilla intermedia L., Melilotus parviflorus Desf., Trifolium resupinatum L., T. echinatum M. Bieb., Ornithopus compressus L., Vicia lutea L., V. pannonica Jacq. und var. purpurascens (DC.) Koch, Lathyrus Ochrus DC., Trigonella foenum graecum L., Impatiens parviflora DC., J. glanduligera Royle, Abutilon Avicennae Gärtn., Torilis nodosa Gärtn., Turgenia latifolia Hoffm., Bifora radians Bieb., Bupleurum protractum Lam., B. rotundifolium L., Ammi majus L., Pimpinella Anisum L., Ridolfa segetum (L.) Moris, Pharbitis purpurea (L.) Voigt., Asperugo procumbens L., Nonnea pulla DC., Cerinthe minor L., Phacelia tanacetifolia Benth., Galeopsis speciosa Mill., Stachys italicus Mill., Salvia silvestris L., S. verticillata L., Solanum rostratum Dun., Verbascum phoeniceum L., Antirrhinum Orontium L., var. calycinum (Lam.) Thellung, Plantago arenaria W. K., Solidago graminifolia Ell., Aster acer L. ssp. trinervis (Desf.) Thell., Xanthium spinosum L., Coreopsis tinctoria Nutt., Iva xanthiifolia Nutt., Ambrosia artemisiaefolia L., A. trifida L., Anthemis tinctoria L., A. austriaca Jacq., A. ruthenica M. Bieb., Chrysanthemum coronarium L., Ch. segetum L., Arthemisia Absynthium L., Centaurea solstitialis L., C. diluta Ait., Guitzotia abyssinica Cass., Cnicus benedictus L., Picris Sprengeriana (L.) Poir., Helminthia echioides Gärtn., Crepis setosa Hall. fil., Rhagadiolus stellatus Gärtn., Echinops sphaerocephalus L., Galinsoga parviflora Cav.

Die meisten der genannten Arten wurden beobachtet auf Schuttablagerungsplätzen unweit der Stadt, besonders zwischen St. Jakob und Neue Welt und auf dem Ruchfeld. Zahlreiche Arten haben sich besonders in der Umgebung von Solothurn angesiedelt (siehe Lit. Nr. 3 und 12).

Eingegangen im Dezember 1909.

Die Tiefenfauna hochalpiner Wasserbecken.

Von

F. Zschokke.

Die Frage nach der Existenz einer profund lebenden Tierbevölkerung in den zahlreichen oberhalb der Baumgrenze liegenden kleinen Seen des Hochgebirgs entbehrt nicht eines gewissen Interesses. Seitdem die Hypothese immer festere Stützen gewinnt, dass die Tiefenfauna der grossen Wasserbecken des Alpenfusses aus zwei Elementen bestehe, aus eurythermen Kosmopoliten des Flachwassers, die noch heute den Weg auf den tiefen Seegrund finden, und aus Ueberresten einer stenothermen Kaltwasserfauna der Eiszeit, die postglacial in der Seetiefe Zuflucht suchten, wendet sich die Aufmerksamkeit der Faunistiker auch der Zusammensetzung der die grossen Tiefen von Hochgebirgsbecken bewohnenden Tiergesellschaft zu. Lassen sich auf dem Grund jener hochliegenden Gewässer von tiefer Durchschnittstemperatur ebenfalls zwei faunistische Bestandteile unterscheiden? und wie verhalten sich dort eventuell vorkommende Glacialrelikte in bezug auf ihre vertikale Verteilung? das sind vor allem die sich erhebenden Fragen. Ihre Beantwortung kann nicht ohne Einfluss bleiben auf unsere Vorstellungen über den Charakter der eiszeitlichen Fauna und über die Schicksale, welche die mitteleuropäische Süsswassertierwelt postglacial erreichten.

Aeltere Autoren sprechen die Ansicht aus, dass eine eigentliche Tiefenfauna den Hochgebirgsseen fehle, oder dass dieselbe in jenen glacialen Becken doch sehr arm und einförmig bleibe. Vor zehn Jahren konnte ich indessen in der Preisschrift „Die Tierwelt der Hochgebirgsseen“ über die Existenz einer ziemlich reichen und mannigfaltigen Grundbevölkerung der tieferen Hochalpenbecken berichten und die Zusammensetzung dieser Tiergesellschaft besprechen. Seither haben die Fortschritte der faunistischen und systematischen Studien auch in diesem Gebiet unser Wissen vermehrt. Der heutige Stand der Kenntnisse von der Tiefenfauna hochalpiner Gewässer mag in den folgenden Zeilen kurz skizziert werden.

Nur sehr wenige von den zahlreichen Hochalpenseen fallen zu einer beträchtlichen Tiefe ab. Die meisten stellen sehr flache

Mulden dar, die durch das Geschiebe der einmündenden Bäche und den von den Berghängen herabrollenden Schutt fortwährend an Umfang und Tiefe einbüssen. Einige wenige der in Betracht kommenden Gewässer besitzen eine profunde Region im Sinne *Forels*. Von fünf oder sechs dieser Becken liegen Nachrichten über das Vorkommen und den Bestand einer Tiefenfauna vor. Zu diesen Gewässern gehört vor allem der Lünersee am Nordabfall der Scesaplana (1943 m Höhenlage, 102 m Tiefe). Ferner zählen hieher die Seen des Oberengadins (St. Moritzersee 1771 m Erhebung, 44 m tief, Campfèrsee 1794 m Höhenlage, 34 m Tiefe; Silvaplanersee 1794 m Höhe, 77 m Tiefe; Silsersee 1796 m und 71 m). Endlich sind einige Angaben über die Bodenfauna des 25 m tiefen Lej Cavloccio (1908 m Höhenlage) in Graubünden bekannt geworden. Der Versuch, nach fremden und eigenen Beobachtungen eine Uebersicht über die in den genannten Seen unter 20 m Tiefe lebenden Tierarten zu gewinnen, führt zur Aufstellung der folgenden Liste.

Spezies.	*Fundort.*
1. Amobea radiosa Ehrbg.	Lej Cavloccio.
2. Difflugia piriformis Perty.	Lünersee, Cavloccio, alle Seen d. Oberengadins.
3. Difflugia piriformis var. bryophila Penard.	Cavloccio.
4. Difflugia globulosa Duj.	St. Moritzersee, Campfèrsee, Cavloccio.
5. Difflugia acuminata Ehrbg.	Lünersee.
6. Difflugia acuminata var. inflata Penard.	Cavloccio.
7. Centropyxis aculeata Stein.	Cavloccio.
8. Euglypha alveolata Duj.	Cavloccio.
9. Trinema enchelys (Ehrbg.).	St. Moritzersee.
10. Cyphoderia ampulla (Ehrbg.).	St. Moritz, Sils.
11. Actinosphaerium eichhorni Ehrbg.	Silvaplana, Campfèr, Sils, Cavloccio.
12. Acanthocystis turfacea Carter.	Sils.
13. Monas guttula Ehrbg.	Sils.
14. Opercularia nutans Ehrbg.	St. Moritz, Campfèr.
15. Astasia spec.	St. Moritz.
16. Vorticella spec.	St. Moritz.
17. Epistylis spec.	Cavloccio.
18. Lagenophrys ampulla Stein.	Cavloccio.
19. Spongilla spec.	St. Moritz.

Spezies.	*Fundort.*
20. Hydra vulgaris Pall.	St. Moritz, Campfèr, Cavloccio.
21. Trilobus gracilis Bast.	Lünersee.
22. Dorylaimus stagnalis Duj.	Lünersee.
23. Monhystera stagnalis Bast.	Lünersee.
24. Mononchus truncatus Bast.	Lünersee.
25. Notommata tigris Ehrbg.	St. Moritz, Silvaplana.
26. Philodina aculeata Ehrbg.	Sils.
27. Euchlanis dilatata Ehrbg.	Lünersee.
28. Euchlanis triqueter Ehrbg.	Lünersee.
29. Eosphaera digitata Ehrbg.	Lünersee.
30. Chaetonotus maximus Ehrbg.	St. Moritz, Silvaplana.
31. Rhynchomesostoma rostratum (Müll.).	St. Moritz, Sils, Cavloccio.
32. Otomestoma auditivum (Du Plessis).	Lünersee.
33. Typhloplana viridata Abildg.	Lünersee.
34. Planaria alpina Dana.	Sils.
35. Tubifex tubifex Müll.	Lünersee.
36. Tubifex velutinus (Grube).	Lünersee.
37. Lumbriculus variegatus O. F. M.	Lünersee.
38. Haplotaxis gordioides Hartm.	Lünersee.
39. Fredericella sultana Blbch.	AlleOberengadinerseen, Cavloccio.
40. Cyclops strenuus Fischer.	Cavloccio.
41. Cyclops viridis Jurine.	Sils.
42. Macrothrix hirsuticornis Norm. Brady.	Silvaplana, Lünersee.
43. Eurycercus lamellatus (O. F. M.).	Sils, Campfèr.
44. Simocephalus vetulus Schädl.	Campfèr.
45. Alona affinis (Leydig).	Sils.
46. Alona quadrangularis (O. F. M.).	Cavloccio.
47. Rhynchotalona rostrata (Koch).	Lünersee.
48. Chydorus sphaericus (O. F. M.).	Lünersee.
49. Candona candida Vávra.	Lünersee.
50. Cypria ophthalmica Jurine.	Lünersee.
51. Cyclocypris laevis O. F. M.	Lünersee.
52. Macrobiotus macronyx Duj.	Lünersee.
53. Neolebertia rufipes (Kön.).	Lünersee.
54. Pisidium fragillimum Cless.	Silvaplana.
55. Pisidium urinator Cless.	Sils.
56. Pisidium nitidum Jenyns.	Lünersee.
57. Pisidium foreli Cless.	Lünersee.
58. Pisidium spec.	Cavloccio.

Unbestimmte Ostrakoden, Cyclopiden, Harpacticiden, Nematoden, Oligochaeten und Dipterenlarven ergänzen die nicht unbeträchtliche Liste. So lassen schon die bisherigen, nur wenig intensiv betriebenen Forschungen die Tiefenfauna hochalpiner Seen als qualitativ recht mannigfaltig erscheinen. Auch quantitativ herrscht auf dem Untergrund der Hochgebirgsbecken ein reiches tierisches Leben. An feinsandigen Stellen beherbergt der Lünersee in Tiefenlagen von 70—100 m, neben zahlreichen Pisidien, ein buntes Gewimmel von Wassermilben und Chironomiden. Schon vor dreissig Jahren fiel *Asper* der Tierreichtum des tiefen Bodens der Engadinerseen auf. Seither blieben die Quantitätsverhältnisse unverändert, wie Fänge zeigen, die *G. Burckhardt* jüngst ausführte und mir zur Bearbeitung überliess. Ungemein üppig gedeihen in der profunden Region der Oberengadiner Becken und des Lej Cavloccio die Fredericellenkolonien. Auf den Bryozoenstöcken siedeln sich zahlreiche Hydren von ungewöhnlicher Grösse an. Pisidien, Oligochaeten und Chironomiden gehören zu den häufigsten Erscheinungen. In der Tiefe des Silsersees dominieren in sehr beträchtlichen Mengen *Cyclops viridis* und *Planaria alpina.* Daneben treten die Hydracarinen stark zurück.

In der allgemeinen faunistischen Gestaltung entspricht die Tiefenbevölkerung der Hochgebirgsseen genau derjenigen der grossen Alpenrandbecken. Nur zehn der in der Liste aufgezählten Arten profund lebender Hochalpentiere fehlen dem Grund der subalpinen Seen. Es sind zum weitaus grössten Teil mikroskopisch kleine Protozoen, Rotatorien und Nematoden von weitester geographischer Verbreitung, die spätere Untersuchungen sicher auch als Bestandteile der profunden Fauna des Alpenfuss erkennen werden.

Die Tiefe der Randseen, wie der kleinen hochgelegenen Wasserbehälter charakterisieren durch regelmässiges und oft massenhaftes Auftreten, neben *Fredericella sultana,* Pisidien und *Cyclops viridis,* die Entomostraken *Macrothrix hirsuticornis, Eurycercus lamellatus, Cyclocypris laevis, Candona candida.* Weit verbreitet leben hier wie dort Hydren, gewisse Tubellarien wie *Rhynchomesostoma rostratum* und *Otomesostoma auditivum,* die Protozoen *Difflugia piriformis, D. globulosa und Actinosphaerium eichhorni,* die Borstenwürmer *Tubifex tubifex* und *Haplotaxis gordioides.*

Von den anpassungsfähigen Pisidien bilden sich in jedem Wasserbecken des Flachlands wie des Hochgebirgs besondere Formen aus. Sie verdienen wohl eher den Namen blosser Lokalvarietäten und nicht den Rang besonderer Arten.

Wenn der bis heute bekannt gewordene positive Bestand der Tiefenfauna von Hochgebirge und Alpenfuss fast vollständig über-

einstimmt, so tritt dagegen, nach den gegenwärtigen Kenntnissen, die hochalpin-profunde Tierwelt durch qualitative Armut stark zurück. Es mangeln ihr wenigstens scheinbar zahlreiche typische Komponenten der Tiefengesellschaft subalpiner Wasserbecken. Nur auf weniges sei hingewiesen. Von den zahlreichen echt lakustrischen Tiefenrhizopoden des Flachlandes sind vorläufig in Gebirgsseen nur einzelne bekannt geworden; die blinden Asseln und Flohkrebse fehlen bis heute in der profunden Fauna der Hochalpen; auch die Cytheriden, manche für die Tiefsee charakteristische Wassermilben und Turbellarien *(Plagiostoma lemani)* und Cladoceren *(Ilyocryptus acutifrons, Acantholeberis curvirostris)* bleiben den tieferen Wasserschichten des Gebirgs fern. Aehnliches gilt für gewisse Harpacticiden.

Die so zwischen der Tiefsee des Flachlandes und der Alpenzüge geschaffene faunistische Kluft wird sich zum grossen Teil durch weitere Untersuchungen überbrücken lassen. In Flach- und Kleingewässern der Hochalpen leben, wie wir wissen, *Niphargus* sowie manche Rhizopoden- und *Canthocamptus*-Arten, welche auch die profunde Fauna des Alpenrands kennzeichnen. Diese Tiere dürften sich sicher auch auf dem tiefen Grund der Becken des Oberengadins und des Lünersees nachweisen lassen. Für andere Tiefentiere dagegen wird sich ergeben, dass sie wirklich am Gebirgsrand Halt machten und als Ebenenbewohner postglacial den Aufstieg in die Alpen nicht wagten. Eine Divergenz in der Zusammensetzung der profunden Tierwelt von Flachland und Gebirge dürfte demnach bestehen bleiben, auch wenn wir einst über vollständigere faunistische Kenntnisse verfügen werden.

Eine interessante Parallele zwischen der Tiefenbevölkerung von Alpenfuss und Alpenkamm bieten die Trikladen. Der Grund der subalpinen Seen beherbergt regelmässig eine von *Steinmann* als var. *bathycola* beschriebene Kümmerform des im Flachwasser weit verbreiteten *Dendrocoelum lacteum.* Die profunde Fauna des Silsersees dagegen kennzeichnet eine in grosser Häufigkeit auftretende Varietät des typischen Glacialrelikts *Planaria alpina.* Beide Tiefenformen aber tragen die deutlichen Spuren konvergenter Entwicklung. Ihr Körperumfang bleibt gegenüber der Stammart sehr bescheiden, während die Geschlechtsorgane eine beträchtliche relative Steigerung erfahren.

Die faunistische Analyse der hochalpinen Tiefenfauna ergibt die Zusammensetzung dieser Tiergesellschaft aus den beiden auch in der profunden Region der grossen subalpinen Seen sich mischenden Elementen.

Die beträchtliche Mehrzahl der Tiefenbewohner von Gewässern der Ebene und des Hochgebirgs sind eurytherme Tiere, welche ihrer

Anpassungsfähigkeit und Widerstandskraft kosmopolitische Verbreitung und nicht selten ubiquistisches Vorkommen verdanken. Sie stiegen, den zurückweichenden Gletschern folgend, in die Hochalpen empor und sanken dort vom flachen Tümpel und Ufersaum aus hinab auf den tiefen Grund der weniger seichten Becken. So öffnete sich den Kosmopoliten am Alpenrand und auf der Gebirgskette selbst eine sekundäre Tiefseeheimat.

In die grosse Menge eurythermer Tiere aber streuen sich in der hochalpinen Tiefe einige stenotherm an das kalte Wasser gebundene Arten ein. Die Liste dieser typischen Kaltwasserbewohner ist einstweilen wenig umfangreich; weitere Beobachtungen werden ihr manchen Zuwachs bringen. Heute gehören, ausser *Planaria alpina,* vor allem in die Reihe *Difflugia acuminata* var. *inflata, Otomesostoma auditivum, Neolebertia rufipes* und *Pisidium foreli.* Alle vier Spezies besitzen den Ort ihres regelmässigsten und häufigsten Auftretens in der Tiefe der subalpinen Seen. Besonders *Difflugia acuminata inflata* und *Otomesostoma auditivum* kehren mit grosser Konstanz in der profunden Region aller faunistisch untersuchten Alpenrandbecken wieder. *Neolebertia rufipes* charakterisiert geradezu die Tiefenfauna des Vierwaldstättersees; die Milbe besitzt einen zweiten von ihr stark bevölkerten Verbreitungsbezirk in den kalten Brunnen, Quellen und besonders Seen des ganzen Alpensystems. Die alpinen Wasserbecken belebt sie vom Ufer bis zur Tiefe. Aeusserst selten erscheint die Hydracarine in Quellen des Flachlandes von stetig tiefer Temperatur.

Die kleine Muschel *Pisidium foreli* endlich bewohnt ausschliesslich die Tiefen des Bodensees und Genfersees, die profunde Region des hochalpinen Lünersees und das glaciale Schmelzwasserbecken des Lej Sgrischus im Oberengadin bei 2640 m Höhenlage. *Otomesostoma auditivum* ist auch vom Ufer der Seen bekannt, in den sich leicht durchwärmenden Kleingewässern indessen findet sich die Turbellarie nur zur grössten Seltenheit.

Ausgesprochene Bevorzugung des dauernd kalten Wassers und daraus sich ergebende eigentümliche Verbreitung lassen die eben besprochenen Tiere als Ueberreste einer stenotherm-glacialen Eiszeitfauna erscheinen. Die Splitter dieser Tierwelt fanden bei der allmählichen postglacialen Temperatursteigerung Zuflucht in mancherlei kalt bleibenden Schlupfwinkeln, zu denen auch die Tiefsee von Ebene und Gebirge gehören.

Im Hochgebirge trafen die sich zurückziehenden Glacialrelikte ihnen zusagende Eiszeitbedingungen nicht erst in der Tiefe, sondern schon am Ufer des Gletschersees, im Schmelzwassertümpel

und in der kalten Quelle. So erklärt sich die auffallende faunistische Tatsache, dass echte Tiefseetiere der grossen Randseen in den Gebirgen am flachen Ufersaum und im seichten Kleingewässer ihr Leben fristen. Die diesbezüglichen Verhältnisse werden in nächster Zeit an anderer Stelle ihre Darstellung finden. Hier sei nur darauf hingewiesen, dass neue Untersuchungen die Zahl der Tiefenbewohner des Flachlands, die zugleich Ufertiere des Gebirgs sind, beträchtlich vermehrten. In der eigentümlichen heutigen Verteilung dieser Geschöpfe spiegelt sich ihre eiszeitliche Vergangenheit wieder.

Zu der mannigfaltig zusammengesetzten Gruppe zählen:

Difflugia piriformis var. *lacustris, D. lemani, D. acuminata* var. *inflata, D. elegans* var. *teres, D. mammillaris, Hyalosphenia punctata, Nebela vitraea, Pseudodifflugia archeri, Cyphoderia ampulla* var. *major, Cyphoderia calceolus, Otomesostoma auditivum, Canthocamptus zschokkei, C. schmeili* var. *hamata, C. echinatus* var. *luenensis, Chydorus piger, Neolebertia rufipes* und *Pisidium foreli.*

Alle diese, den verschiedensten Tiergruppen angehörenden Formen vereinigen sich durch ein gemeinsames Merkmal der geographischen Verteilung. Im Flachland bewohnen sie die stets kühle Tiefsee, oder, viel seltener, kalte Kleingewässer von glacialem Charakter; in höher emporsteigenden Gebirgen dagegen liegt ihr gewöhnlicher Wohnsitz auch im Seichtwasser von Seeufer, Tümpel und Quelle. Vorkommen und Stenothermie der genannten Tiere zeugen für den eiszeitlichen Ursprung eines Teils der heutigen Fauna Mitteleuropas.

Durch das Auftreten zahlreicher echter Tiefenbewohner am Ufersaum verwischt sich im Hochgebirge die Grenze zwischen profunder und litoraler Fauna. Die bis heute im Flachwasser der Alpen fortdauernden Eiszeittemperaturen verhinderten den gänzlichen Abstieg der stenothermen Glacialrelikte in die Tiefe. So blieb am Ufer der Hochalpenseen die Eiszeitfauna, gemischt aus stenothermen Kaltwasserbewohnern und eurythermen, anpassungsfähigen Kosmopoliten im wesentlichen erhalten. Am sich durchwärmenden Litoral der Alpenrandseen dagegen fand eine gewisse Trennung statt. Die stenothermen Eiszeitrelikte sanken zum grössten Teil in die Tiefe; die Kosmopoliten dagegen blieben am Litoral vollzählig zurück und sandten nur ihre anpassungsfähigsten Vertreter als Vorposten hinab in die profunde Region.

Zwischen die grossen Seen des Alpenrands und die kleinen und hochgelegenen Glacialbecken scheinen sich in bezug auf Scheidung von litoraler und profunder Fauna vermittelnd gewisse Seen

der Mittelgebirge und wenig umfangreiche Alpenbecken von mässiger Höhenlage einzuschieben. In ihnen hebt sich, wie an anderer Stelle und in weiterem Zusammenhang gezeigt werden soll, die Tiefenfauna weit gegen das Ufer empor, ohne indessen den flachen Litoralsaum, wie in den Hochalpen, vollständig zu erreichen.

Eingegangen 2. Mai 1910.

Uebersicht über die um Basel gefundenen Lycaeniden.

Von

L. G. Courvoisier.

In den Verhandlungen der Basler naturforschenden Gesellschaft von 1878 (p. 371—374) und 1886 (p. 128—129) hat Herr Dr. H. Christ anlässlich der von ihm gegebenen „Uebersicht der um Basel gefundenen Tagfalter und Sphinges" auch die bei uns vorkommenden Lycaeniden (Bläulinge etc.) aufgeführt. Da ich dieser Familie seit langer Zeit besondere Aufmerksamkeit schenke, ist es mir gelungen, eine Anzahl für unsre Gegend neuer Vertreter derselben nachzuweisen, sowie neue Lokalitäten für manche Art zu entdecken.

Die nachfolgende Aufzählung aller bis jetzt um Basel erbeuteten Lycaeniden beruht aber nicht nur auf den erwähnten älteren Angaben von Herrn Dr. Christ und auf dem Inhalt meiner eigenen, seinerzeit durch die Lycaeniden des verstorbenen Herrn H. Knecht bereicherten Sammlung. Vielmehr ist sie vervollständigt durch die Angaben von Peyer-Imhoff (Catalogue des Lépidoptères d'Alsace. II Ed. 1880), sowie von Reutti (Uebersicht über die Lepidopterenfauna des Grossherzogtums Baden. II. Aufl., 1898); ferner durch Mitteilungen guter Kenner unsrer Fauna, der Herren Honegger-Rosenmund und Ad. Leonhart, denen ich dafür zum grössten Dank verpflichtet bin; endlich durch die Notizen der grossartigen, dem Museum geschenkten Riggenbach-Stehlin'schen Sammlung.

Uebrigens ist der Begriff der „Umgebung Basels" etwas weit gefasst. Zunächst ist darunter allerdings verstanden ein Bezirk mit der Stadt Basel als Mittelpunkt und einem Umkreis von ungefähr 15 Kilometer Radius. Darin sind beispielsweise enthalten die schweizerischen Ortschaften Rheinfelden, Liestal, Seewen, Laufen, Burg mit Rämel; die elsässischen Dörfer Sierenz, Grosskems; die badischen Orte Kleinkems, Isteiner Klotz, Rötteln, Maulburg, Herthen. Aber es lohnte sich, den Blick auch etwas weiter schweifen zu lassen und etwas entferntere Gegenden, z. B. den Basler und Berner Jura, die Bechburg (als Sitz und Jagdgebiet

des Herrn Riggenbach) mit der daran stossenden reichen Ravellenfluh, endlich auch gewisse entlegenere elsässische und Schwarzwaldfundorte, wenigstens für seltenere Arten, mit zu berücksichtigen.

Was eine Anzahl von mir angeführter aberrativer Formen betrifft, welche nicht schon vor mir beschrieben und benannt worden sind, so muss ich hiefür verweisen auf meine kleinen Arbeiten in den Mitteilungen der schweizer. entomologischen Gesellschaft 1903, I, Heft I: „über Aberrationen der Lycaeniden“ sowie in der Zeitschrift für wissenschaftl. Insektenbiologie, 1907, Heft 1—3: „über Zeichnungsaberrationen bei Lycaeniden“.

Im Nachfolgenden erwähne ich bei jeder Form zuerst die älteren Angaben von Dr. Christ (mit Chr. bezeichnet), Peyer-Imhoff (P. I.) und Reutti (R.), sodann diejenigen der Herren Honegger (H.), Leonhart (L.) und Riggenbach (Rigg.), alle eingeklammert, um dann meine eigenen Beobachtungen folgen zu lassen.

Genus **Thecla** F.

1. *spini* Schiff. (Liestal, Homburg; klein und dunkel vom Passwang, *Chr.;* Rosenau, *H.;* Grosskems, *L.;* Bechburg, *Rigg.)* An Waldrändern, zumal auf Kalkfelsen: Reichenstein, Dornacher Ruine, Gempenfluh, Pfeffingen, Rämel; Bölchenfluh, Holderbank, Ravellenfluh, Hägendorf; Grenzach, Isteiner Klotz; am besten entwickelt und oft in grosser Zahl gesellig zur Zeit der Blüte von Sedum album, auf dem sie gern sitzt. — Juni, Juli.
2. *w. album* Knoch. (Liestal, Homburg, *Chr.)* — Basel, Sichtern ob Liestal, Olsberger Hardt. — Selten und einzeln. — Juni, Juli.
3. *acaciae* F. (Liestal, *Chr.;* Isteiner Klotz, *R.;* Basel, Dornacher Ruine, *H.*) — Pfeffinger Ruine; Holderbank, Ravellenfluh; Isteiner Klotz. — Sitzt gern auf blühender Schafgarbe; sehr scheu. Juni, Juli.
4. *ilicis* Esp. (Ramsach, Oristhal, *Chr.;* Rheinfelden; Lutterbach, Elsass, *H.;* Bechburg, *Rigg.*) — Pfeffinger Ruine, Rämel; Isteiner Klotz.

   a) Var. *esculi* Hb. (Lutterbach, *H.*).

   b) Var. *cerci* Hb. (Lutterbach, *H.*) — Von mir in schönen ♀ und auch ♂ Exemplaren mit grossem gelbrotem Diskus der Vorderflügel an der Pfeffinger Ruine und auf der Ravellenfluh gefangen.

5. *pruni* L. (Lange Erlen, Renkersmatt, Liestal, *Chr.;* Allschwiler Wald, *P. I.*) — Olsberg, Isteiner Klotz; nur wo Prunus padus wächst. Juni, Juli.

Genus **Zephyrus** Dalm. (früher zu Thecla F.).

6. *betulae* L. (Liestal, Homburg, *Chr.;* Basel, Flühen, *H.;* Neubad, *L.*) Basel, Gempen, Hochwald, Grellingen; Isteiner Klotz, Kleinkems; an den zwei letztgenannten Stellen mit Vorliebe auf der seit Jahren dort massenhaft eingebürgerten Solidago canadensis; stets vereinzelt. — August, September.
   c) ab. *restricta* Tutt. Hochwald ex larva.
   d) ab. *lineata* Tutt. Hochwald, Gempen; ebenso.
   e) ab. *virgata* Tutt. Hochwald; ebenso.
7. *quercus* L. (Basel, Liestal, *Chr.;* Gempen, *H.*). Dornacher Ruine, Reinacher Wald, sehr vereinzelt und selten. — Juli, August.

Genus **Callophrys** Billb. (früher zu Thecla F.).

8. *rubi* L. (Birs, Allschwiler Weiher, Schauenburg, Liestal, *Chr.;* Ettinger Blauen, *H.;* Bechburg, *Rigg.*). Sehr häufig um Basel herum: Dornacher, Pfeffinger, Landskron-Ruine; Gempen; Istein, Stetten; Neudorf. — April bis Juni.
   f) ab. *immaculata* Fuchs. (ohne jegliche weisse Punkte der Unterseite!) Pfeffingen; Istein, Kleinkems; Neudorf.

Genus **Chrysophanus** Hb. (früher Polyommatus Latr.).

9. *virgaureae* L. (1. IX. 1874 „ein nicht mehr frisches ♂ am Rämel“, *Chr.*). In meiner Sammlung ein schönes ♂ von Leopoldshöhe; ein schönes ♀ von Kleinkems, 9. VIII. 1900; schöne grosse Exemplare von Zell im Wiesental; ein Pärchen von Tramelan, Berner Jura. — Juli, August.
10. *hippothoë* L. (chryseis Bkh.) (zwischen Langenbruck und Kilchzimmer, Weissenstein, Vogesen, Schwarzwald, *Chr.;* Vogesenweiden, *P. I.;* höherer Schwarzwald, *R.;* Dornacher Schloss, *H.;* Colmar, *L.;* Bechburg, *Rigg.)* Aesch, Seewen, Burg; Waldenburg, Langenbruck, Mümliswil; Jungholz, Feldsee, Hinterzarten. — Ende Mai bis Juli.
    g) ab. *elongata* m. (verlängerte Bogenaugen) 1 ♂ bei Langenbruck, 1896.
    h) ab. *radiata* m. (Konfluenz zwischen Bogenaugen und Randmonden) ein ♂ bei Burg, 1909.
11. *rutilus* Wnbg. (bei Colmar, *Chr.;* Colmar, *P. I.;* Freiburg, *R.;* Colmar, *L.*) — Ein ♀ von Weil, ein ♀ von Neudorf, 1907, mehrere Paare von St. Ludwig, 1890. — August.

i) ab. *luxurians* m. (überzählige Bogenaugen) ein ♀ bei St. Ludwig, 1890.

12. *alciphron* Rott. (bei Colmar, *Chr.;* Col de la Schlucht, *P. I.;* Schwarzwald bis ins höhere Gebirge, *R.*) — Zell im Wiesental, Nonnenbruch bei Mühlhausen.

13. *phlaeas* L. (verbreitet in der Ebene und auf den Hügeln: um die Stadt, Istein, Liestal, *Chr.;* Bechburg, *Rigg.).* — Häufig, aber einzeln: Riehen, Reinacher Heide; Leopoldshöhe, Istein, Neudorf.

k) Var. *eleus* F. (bei St. Ludwig leg. Dr. Kündig, *Chr.;* unter der Stammform in heissen Sommern, *R.*). Der typische eleus von mir nie beobachtet, höchstens leicht verdunkelte Exemplare (suffusa Tutt.). — Mai bis September, zwei Generationen.

l) ab. *cuprinus* (pallido-luteus) P. I. (Höchste Vogesenweiden, Hohneck, *P. I.)*

m) ab. *elongata* m. Ein ♂ Basel, 1885.

n) ab. *caeruleopunctata* Std. Arlesheim, Reinacher Heide, Leopoldshöhe.

14. *dorilis* Hufn. (Verbreitet auf trockenen Hügeln mit Thymus serpyllum: Birs, Liestal, Ramsach; 1877 ♀ mit hell orangegelber und solche mit tiefbrauner Oberseite der Vorderflügel, *Chr.;* Allschwil, Stetten, Waidhof, *H.*) — Sehr häufig vom Mai bis September in zwei Generationen! Riehen, Oberwil, Ettingen, Dornacher Ruine, Pfeffinger Ruine, Flühen, Grellingen, Schauenburg; Grenzach, Friedlingen, Istein, Kleinkems; Neudorf.

o) *elongata* m. Landskron ♂ 1895; Seewen ♂ 1907.

p) *radiata* m. Friedlingen ♂ 1904.

15. *amphidamas* Esp. (helle Schiff.) (Fahrnau, Feldberg bei *Reutti,* der fälschlich mich zitiert, als hätte ich ihm den Isteiner Klotz als Fundort angegeben.) Ich besitze Exemplare von Tramelan. — Juli, August.

Genus **Tarucus** Moore (früher zu Lycaena F.).

16. *telicanus* Lg. Herr Dr. Christ schreibt mir: „Von eigenen Beobachtungen kann ich Ihnen mitteilen, dass ich in dem abnorm langen und trockenen Spätsommer 1907 (oder 1906?) an den Eryngium meines Alpinums auf den Waideli bei Liestal Telicanus fliegend und länger verweilend sah, und zwar so nahe und deutlich, dass jede Verwechslung oder Täuschung ausgeschlossen ist.“ Sonst kommt die Art in der Schweiz selten bei Martigny vor, von wo ich ein durch Wullschlegel er-

beutetes Stück habe, sowie bei Cassarate (Lugano), wo ich selbst 1905 drei ♂ fing. — September.

Genus **Polyommatus** Latr. (früher zu Lycaena F., neuerdings irrtümlich zu Lampides H.).

17. *baetica L.* („Diese südliche Art wurde nach Knecht von Dickenmann vor Jahren am alten Rhein gefangen; ich sah das von Knecht abgedruckte Exemplar: ein kleines Männchen,“ *Chr.;* vereinzelt bei Basel, Zürich; Kaiserstuhl, wo Colutea in Menge wächst, dürfte eine Heimat für baetica sein, *R.;* im Elsass einigemal gefangen, *P. I.;* am Bollenberg bei Gebweiler, wo Colutea reichlich wächst, nie gefangen, *L.).* — Ich besitze schöne Exemplare von Tramelan, Berner Jura.

Genus **Everes** Hb. (früher Lyeaena F.).

18. *argiades* Pall. (verbreitet in der Hügelregion, nicht gemein: Liestal, Hersberg, Seltisberg, Ramsach, *Chr.;* Bechburg, *Rigg.).* — Riehen, Bettingen, Ettingen, Landskron, Schauenburg; Leopoldshöhe, Efringen, Istein, Kleinkems; Neudorf. — Juli, August.

q) Var. *polysperchon* Bgsdr., angeblich Frühlingsgeneration, aber genau gleich auch im Spätsommer fliegend: Istein, Kleinkems, Neudorf. — Mai-August.

r) ab. *latimargo* m. mit breitem, schwarzem Rand aller Flügel. Kleinkems ♂ 1901.

s) ab. *albino,* Kleinkems ♀ 1895.

Genus **Cyaniris** Dalm. (früher zu Lycanea, F.).

19. *argiolus* L. (Liestal, Langenbruck, *Chr.* — Bechburg, *Rigg.;* Olsberg, *H.).* Verbreitet, aber vereinzelt um Faulbeerbäume hoch fliegend: Riehen, Bettingen, Reichenstein, Dornacher-, Pfeffinger-, Landskron-Ruine; Falkenstein bei Balsthal, Passwang; Istein, Rötteln; Neudorf. — April, Mai und wieder Juli, August.

Genus **Lycaena** F.

20. *aegon* Schiff. (argus L. — argyrotoxus Bgstr.). — Liestal, Bienenberg, Ramsach, Istein, *Chr.;* Bechburg, *Rigg.).* An vielen Orten um Basel: Ettingen, Pfeffingen, Gempen, Seewen; Langenbruck; Leopoldshöhe, Istein, Kleinkems; Neudorf, Hüningen. Liebt unkultivierte Stellen mit Ononis und Klee. — In zwei Generationen Mai bis August. — Die Unterscheidung von der folgenden Art erscheint mir keineswegs so schwierig, wie Herr Dr. Christ es darstellt. Die beiden Arten sind vollkommen getrennt, ohne Uebergänge.

t) ab. *punctifera* m. (mit grossen schwarzen Randpunkten auf den Hinterflügeln beim ♂) Ettingen, Pfeffingen, Leopoldshöhe, Efringen, Kleinkems.

u) ab. *elongata* m. (Bechburg, *Rigg.)* Seewen, Efringen, Kleinkems.

v) ab. *luxurians* m. (mit Wurzelaugen auf der Unterseite der Vorderflügel). — Ein ♀ Märkt 1896.

w) ab. *crassipuncta* m. (mit auffallend grossen Augen der Unterseite). — Ein ♀ Kleinkems 1906.

21. *argus* Schiff (nicht argus L., auch nicht argyrognomon Bgstr., denn mit letzterem Namen ist eine jedenfalls ungemein seltene hellblaue, mit grossen roten Randmonden auf allen 4 Flügeln versehene ♀ Aberration bezeichnet worden, und es geht doch nicht an, wie Staudinger-Rebel's Katalog 1901 es tut, einer Art den Namen nach einer individuellen ♀ Ausnahmsform zu geben; also höchstens: argyrognomon Std. — Ich ziehe vor, die alten Namen aegon Schiff. für die vorhin erwähnte und argus Schiff. für die jetzige Art zu gebrauchen). (An gleichen Stellen wie vorige, etwas seltener, *Chr.*, Bechburg, *Rigg.)*. — Nicht häufig um Basel: Schauenburg, Waldenburg; Leopoldshöhe, Istein, Kleinkems. — Mai bis August in zwei Generationen.

x) ab. *callarga* Std., blaues ♀: Leopoldshöhe, Kleinkems, Neudorf. Zum Teil von sehr hellem leuchtendem Blau, besonders in der Spätgeneration.

y) ab. *elongata* m. (Bechburg, *Rigg.*). Zwei ♂ Kleinkems 1905.

z) ab. *luxurians* m. (überzählige Bogenaugen) 1 ♂ Kleinkems 1901.

22. *baton* Bgstr. („nach Imhof um Basel, bei Lostorf“ *Chr.;* Bechburg, *Rigg.;* Ettinger Blauen; Lutterbach im Elsass, *H.;* Kastenwald, Colmar, *P. I.;* Freiburg, badischer Belchen, *R.)*. — Von mir nur einmal, am 14. März 1895, ein Pärchen, das ♂ am Hüninger Eisenbahndamm, das ♀ am Neudorfer Rheindamm gefangen; seither stets vergebens gesucht, jedenfalls in unsrer Umgebung äusserst selten. — Mai, Juni.

23. *orion* Pall. (von Christ nicht erwähnt, Freiburg, *R.)*. Ich besitze von Zell im Wiesental einige auffallend blaue ♀ Stücke. — Juli.

24. *optilete* Knoch. (Stammart unsrer alpinen Var. cyparissus Hb.). — (Hinterzarten, *Chr.; R.)*. — Von Knecht bei Jungholz, von mir bei Hinterzarten im Höllental erbeutet. — Juni, Juli.

25. *eumedon* Esp. (von Christ nicht erwähnt; im Juli in den Wäldern der Bergstrasse, *R.)*. — Ich besitze Exemplare von Tramelan, wohl unsrer nächsten Station!

26. *astrarche* Bgstr. (Birs, Liestal, *Chr.;* Bechburgi *Rigg.;* Brombach, Gempen, *H.)*. — Sehr häufig an unkultivierten, trockenen Stellen um Basel: Basel, Reinacher Heide, Dornacher Ruine, Pfeffingen, Ettingen; Kleinkems; Hüningen, Neudorf. — Juni bis August.

aa) Var. *calida* Bellier, Sommergeneration, unten zimmtbraun, oben stark rotfleckig. (Bechburg, *Rigg.)*. — Basel, Reinacher Heide; Ravellenfluh; Leopoldshöhe, Istein, Kleinkems; Hüningen, Neudorf, Rosenau. — Exemplare, die der Form cramera Esch. von den Balearen und Canaren an Feuer der fast zusammenhängenden Rotflecken wenig nachgeben, fing ich besonders am heissen rechten Rheinufer gegen das Hörnli und auf den Heiden von Reinach, Neudorf und Kleinkems.

bb) ab. *elongata* m. ein ♀ Neudorf 1905.

cc) ab. *luxurians* m. ein ♀ Burg 1909.

27. *icarus* Rott. (alexis Hb.; der Name icarus als der ältere, muss gelten; die Bemerkung Wheeler's in seinen Butterflies of Switzerland 1903, p. 35, wonach Rottemburg den Namen icarus nur für blaue ♀♀ gegeben hätte, ist unrichtig. — Ueberall vom Mai bis Oktober so gemein, dass einzelne Lokalitäten zu nennen unnötig ist.

dd) Var. ♀ *caerulea* Fuchs (Bechburg, *Rigg.)*. In allen erdenklichen Graden der Blaufärbung häufig: Batterie, Riehen, Reinacher Heide, Dornacher und Pfeffinger Ruine, Ettingen, Gempen, Hochwald; Waldenburg, Ravellen; Leopoldshöhe, Istein, Kleinkems; Zell; Neudorf, Rosenau. Einzelne Stücke, z. B. von St. Jakob, Ettingen, Kleinkems nahe an die berühmten spanischen und südfranzösischen Prachtfalter heranreichend.

ee) ab. *iphis* Meig. (nur ein Wurzelfleck der Vorderflügel-Unterseite) — (Bechburg, *Rigg.)*. — Ziemlich häufig durch die ganze Erscheinungszeit: Reinacher Heide, Dornacher Ruine, Aesch, Ettingen, Flühen, Mariastein; Leopoldshöhe, Kleinkems; Hüningen, Neudorf, Michelfelden.

ff) ab. *icarinus* Scriba (thersites Ghd.; ohne Wurzelflecken). Ebenfalls häufig: Riehen, Reinacher Heide, Dornacher Ruine, Gempen, Seewen, Pfeffingen, Landskron; Leopoldshöhe, Rötteln, Kleinkems.

gg) ab. *crassipuncta* m. Ettingen, Dornacher Ruine, Hochwald; Leopoldshöhe, Istein, Rötteln; Hüningen, Neudorf.

hh) ab. *elongata* m. gleiche Stellen, wie vorige.

ii) ab. *semiarcuata* m. und *arcuata* Weym. (unvollständige und vollständige Konfluenz zwischen Wurzel- und Bogenaugen längs des hintern Rands der Vorderflügel-Unterseite). Ziemlich häufig: Basel, Batterie, Riehen, Bettingen, Reinacher Heide, Grut, Pfeffingen, Ettingen; Läufelfingen, Langenbruck, Ravellenfluh; Leopoldshöhe, Weil, Märkt, Kirchen, Istein, Kleinkems, Rötteln; Hüningen, Neudorf.

kk) ab. *luxurians* m. Ettingen, Neudorf.

ll) ab. *punctifera* m. Bettingen, Dornacher Ruine; Leopoldshöhe, Kleinkems.

mm) ab. *latimargo* m. (breite schwarze Flügelränder). Reinacher Heide ♂ 1904; Leopoldshöhe ♂ 1898.

nn) ab. *caeca* m. (unten m. w. augenlos., Bechburg, *Rigg.*). Gempen 2 ♂ 1900.

oo) ab. *fuliginosa* m. (die Zone der roten Randflecken der Unterseite russig überdeckt). Basel, Wolfgottesacker ♀ 1893.

28. *hylas* Esp. (Birs, Liestal, *Chr.*; Bechburg, *Rigg.*; Badenweiler, *R.*; Istein, *H.*) — Selten: Burg, Gempen, Hochwald, Schauenburg; Langenbruck, Ravellen; Leopoldshöhe, Kleinkems; Neudorf. — Mai bis Juli.

pp) ab. *metallica* Favre; blaues ♀ (Bechburg, *Rigg.*).

qq) ab. *golgus* Hb., Zwergform, sonst nicht verschieden (Läufelfingen, *Chr.*) — Reinacher Heide; Kleinkems.

rr) ab. *elongata* m. Kleinkems ♂ 1905.

ss) ab. *luxurians* m. Dornacher Schloss; Efringen. 3 ♂.

29. *bellargus* Rott. (Sonnige, steinige Stellen der Hügel und Berge: Birs, Hörnli, Burg, Liestal, *Chr.*; Bechburg, *Rigg.*) — Vom Mai bis September in zwei Generationen, stellenweise häufig; mit Vorliebe an Kalkhügeln (Chalk-hill-blue der Engländer). — Reinacher Heide, Dornacher Ruine, Gempen, Hochwald, Schauenburg; Langenbruck, Ravellen; Leopoldshöhe, Istein, Kleinkems, Rötteln; Hüningen, Neudorf.

tt) ab. *punctulata* m. (nicht punctifera Ob., welche algerisch ist, aber in geringem Grad auch mit schwarzen Punkten am Hinter- und sehr selten am Vorderflügel des ♂). — Reinacher Heide; Istein, Hüningen je 1 ♂.

uu) ab. *ceronus* Esp., blaues ♀ (Oristal, *Chr.*; Bechburg, *Rigg.*). Dornacher Ruine, Ettingen; Grenzach, Efringen, Istein, Kleinkems, zum Teil in Prachtstücken, ähnlich südlichen.

vv) ab. *grisea* m. hellgrau überlaufenes ♀: Basel 1886 und Kleinkems 1903.

ww) ab. *plumbeus* m. (suffusa Tutt. ?) bleigraues ♂; Rheindamm bei Neudorf, 1909.

xx) ab. *crassipuncta* m. ♀ Kleinkems, 1902.

yy) ab. *elongata* m. ♀ Landskron, 1909; ♂ Neudorf, 1908.

zz) ab. *confluens* m. verschiedene Formen von Verschmelzung zwischen Wurzel- und Bogenaugen im Bereich der Hinterflügel-Unterseite: Riehen, Reinacher Heide, Dornacher Ruine, 2 ♂, 1 ♀.

aaa) ab. *semiarcuata* m. und *arcuata* m. Hochwald; Istein, Kleinkems; Neudorf, 4 ♂, 2 ♀.

bbb) ab. *radiata* m. ♂ Hochwald, 1894; ♂ Kleinkems, 1903.

ccc) ab. *luxurians* m. Basel, Reinacher Heide, Dornacher Ruine; Leopoldshöhe, Kleinkems, Eichsel, 5 ♂, 2 ♀.

ddd) ab. *unipuncta* m. (analog iphis Meig.) und *impuncta* m. (analog icarinus Scriba). — Dornacher Schloss, Seewen; Leopoldshöhe, Märkt, Kleinkems; Neudorf, Grosskems, 15 ♂, 3 ♀.

eee) ab. *cinnides* Std. (nicht cinnus Hb., der zu coridon gehört!) (Dornacher Schloss, *Chr.*) Seewen, Mariastein; Kleinkems, 2 ♂, 1 ♀.

30. *coridon* Poda. (Häufig an sonnigen Hügeln, nicht in der Ebene: Liestal, Gempen, *Chr.*) — Im ganzen Gebiet Juli bis September sehr häufig, auch in der Ebene weit und breit; so z. B. auf den Heiden von Reinach, Neudorf, Kleinkems; auf dem Neudorfer Exerzierplatz in gewissen Jahren zu Hunderten, ja Tausenden mit allen möglichen Aberrationen; an heissen Sommerabenden bequem von den Gräsern abzulesen.

fff) Var. *apennina* Zeller; blass, grünlichblau, fast ohne schwarzen Rand: Ettingen; Istein; Neudorf.

ggg) Var. *calydonius* Lowe, vom Blau des bellargus, vielleicht Zwitter bellargus-coridon; ein Prachtexemplar ♂ in Kleinkems, 1904, erbeutet.

hhh) ab. *suffusa* Tutt., ♂ ganz grau übergossen: Pelzmühletal, 1909.

iii) ab. *obscurata* m. (marginata Tutt.) stark verbreiterter schwarzer Rand aller Flügel des ♂: Balsthal und Kleinkems, 2 ♂.

kkk) ab. *albicincta* m. Mittelmonde der Oberseite aller Flügel des ♀ weiss umsäumt (Liestal, 1 ♀, *Chr.;* Bechburg, *Rigg.).* Dornacher Ruine, 1909; Kleinkems, 1906.

lll) ab. *suavis* Schultz, ♂ mit roten Randflecken auf den Hinterflügeln: Burg; Kleinkems; Neudorf, 4 ♂.

mmm) ab. *semibrunnea* Mill. Uebergang zwischen dem gewöhnlichen braunen ♀ und seiner bei uns seltenen blauen Varietät syngrapha (Liestal, *Chr.*). — 2 Stück von Ettingen, 1909, 1 von Kallhöhe, 1907, 1 von Hüningen, 1902.

nnn) Var. *syngrapha* Kef. je ein Stück von Kleinkems, 1904 und Neudorf, 1900.

ooo) ab. *crassipuncta* m. Kleinkems; Hüningen, Neudorf, 4 ♀.

ppp) ab. *elongata* m. Kleinkems; Hüningen, Neudorf, 6 ♀.

qqq) ab. *confluens* m. Kleinkems; Hüningen, 2 ♀, 1905 und 1897.

rrr) ab. *semiarcuata* m. und *arcuata* m. ziemlich häufig, namentlich beim ♀; Basel, Ettingen, Reinacher Heide, Pfeffingen; Leopoldshöhe, Efringen, Istein, Kleinkems; Hüningen, Neudorf.

sss) ab. *luxurians* m. Reinacher Heide; Kleinkems, Neudorf, 1 ♂, 2 ♀.

ttt) ab. *unipuncta* m. und *impuncta* m. Dornacher Ruine; Kirchen, Kleinkems; Hüningen, Neudorf; beide Aberrationen relativ häufig.

uuu) ab. *paucipuncta* m. unten mit sehr spärlichen Augen: Ettingen; Hüningen, Neudorf; 2 ♂, 6 ♀; darunter 1 ♀ von Neudorf, 1902, ganz augenlos: *cinnus* Hb.!

31. *damon* Schiff. (Ziemlich verbreitet auf sonnigen Wiesen der Berge; tiefste Stellen: Oristal, Ramsach, Wiesenberg, *Chr.;* Kaiserstuhl, *R.;* Bechburg, *Rigg.*) — Dornacher Ruine, Gempen, Burg gegen Rämel hinauf; Langenbruck. — Juni, Juli.

vvv) ab. *paucipuncta* m. et *caeca* Aigner (Gillmeri. Krodel). Nicht selten fehlen die Augen der Hinterflügel-Unterseite; ganz blind an allen Flügeln ist ein ♂ Stück meiner Sammlung aus Langenbruck, 1886.

32. *semiargus* Rott. (Nicht gemein: Liestal, Sissacher Fluh, *Chr.;* Bechburg, *Rigg.*) — Dornacher Ruine, Aesch, Pfeffingen, Burg; Sichtern, Waldenburg, Langenbruck; Efringen, Istein, Zell. — Juni bis August.

33. *cyllarus* Rott. (Selten: Birs, Dornach, Lostorf; in einzelnen Exemplaren 1877 und 1878 bei Liestal, Isteiner Klotz, *Chr.;* Bechburg, *Rigg.;* Blauen, *H.*) — Nach meinen Beobachtungen in einzelnen Jahren reichlich; z. B. längs der Birs, auf dem Südabhang der Landskron; bei Istein, an den Eisen-

bahn- und Rheindämmen von Hüningen, Neudorf und Efringen; auch gelegentlich: Reinacher Heide, Pfeffingen; Eichsel. — Mai, Juni.

www) ab. *plumbeus* m. ein bleigraues ♂, Neudorf, 1896.

xxx) ab. *nigra* m. ein tief blauschwarzes ♀, Landskron, 1909.

yyy) ab. *elongatus* m. (Bechburg, *Rigg.*) Landskron ♂ 1909.

34. *alcon* Schiff. (Lichte Föhrenwaldungen: Gempen, 1876, Platte ob Ettingen, *Chr.;* Kaiserstuhl, *R.;* Mühlhausen, Tannenwald, *P. I.*) — Sehr selten und einzeln: Reinacher Wald, Dornacher Ruine; Langenbruck.

35. *euphemus* Hb. (3 Exemplare 1875 bei Liestal in lichter Föhrenwaldung, *Chr.;* Dornach im Elsass, *P. I.;* Colmar, *L.*) — Die Stelle bei Liestal ist laut mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. Christ der Exerzierplatz Sichtern, wo keine Sanguisorba wächst; so dass er annimmt, diese sei nicht, wie Speyer vermutet (und neuerdings Seitz behauptet) die einzige Futterpflanze der Art. Ich besitze ein ♂ Stück aus der Knecht'schen Sammlung, angeblich vom Dornacher Schloss. Selber entdeckte ich den Falter Anfang Juli 1908 ob Burg gegen den Rämel hinauf. An diesen beiden Stellen habe ich vom Wiesenknopf auch nichts bemerken können. Ferner ist eines meiner Stücke auf dem Tüllinger Berg in einer gegen Haltingen geneigten Mulde, ein anderes bei Zell im Wiesental gefangen; beide sind stark verdunkelte ♀♀.

36. *arcas* Rott. In der schweizerischen und badischen Nachbarschaft fehlend; dagegen mit euphemus bei Colmar *(L.)*.

37. *arion* L. (Sonnige Waldränder, nicht selten: Frenkendorf, Schauenburg, Liestal, Gempen, Homburg, *Chr.;* Bechburg, *Rigg.*) — Von mir weniger an Waldrändern, als auf offenen, trockenen, reichlich mit Thymus, der Futterpflanze, bewachsenen Heiden erbeutet. Dornacher Schloss, Gempen, Sichtern, Rämel; Grenzach, Brombach, Istein, Kleinkems; Neudorf; Langenbruck. — Juni bis August.

zzz) Var. *obscura* Chr. (Liestal, 1876, *Chr.*) Die sonst alpine, schwärzlich übergossene Form tritt gelegentlich bei uns auf. Ich besitze Exemplare von Brombach und Istein.

aaaa) ab. *nana* m. winzige Zwergform von Holderbank 1901.

bbbb) ab. *caeca* m. (unicolor. Horm.?) ♂ Stück aus der Sammlung Knecht, vom Dornacher Schloss, oben ausser dem Mittelmond nur je einen kleinen schwarzen Fleck auf beiden

Vorderflügeln, keinen einzigen auf den Hinterflügeln aufweisend.

Genus **Zizera** Moore.

38. *minima* Füssly. (Trockene Weiden der Hügel und Berge: Liestal, Gempenweide, Ramsach; neben der meist sehr kleinen gewöhnlichen Form kommt auch eine weit grössere, zu sebrus hinneigende vor, vermutlich die von Trapp für Schaffhausen irrtümlich angegebene Sebrus, *Chr.;* Bechburg, *Rigg.*) — Auch in der Ebene, überhaupt fast überall den ganzen Sommer hindurch: Basel, Reinacher Heide, Dornacher Schloss, Gempen, Hochwald, Landskron, Schauenburg; Waldenburg; Kirchen, Istein; Neudorf.

cccc) ab. *caeca* m. unten ganz augenlos (Bechburg, *Rigg.*)

Eingegangen 13. Januar 1910.

Zur Revision der europäischen Anthracotherien.

Von

H. G. Stehlin.

Die gross angelegte Monographie der Anthracotherien von W. Kowalevsky[1]) ist ein Torso geblieben; der Schlussteil derselben, der die einzelnen Arten behandeln sollte, ist nie erschienen. Teller[2]) hat dann zwar in sehr umsichtiger Weise zahlreiche in der Literatur zerstreute Daten über Anthracotherienfunde zusammengestellt. Durch diese kritisch-kompilatorische Arbeit ist die von Kowalevsky gelassene Lücke aber doch nur zum kleineren Teil ausgefüllt worden. Viele seit älterer Zeit in den Sammlungen liegende Materialien haben sich der Kenntnis Tellers entzogen, viele neue Funde sind inzwischen zu den alten hinzugekommen. Eine neuerliche monographische Bearbeitung des Genus erscheint daher als ein vielversprechendes Unternehmen.

Dass sie bald zur Ausführung gelange, wäre namentlich auch im Hinblick auf stratigraphische Fragen zu wünschen. Die Anthracotherien gelten längst als Charaktertiere des Obligocäns im allgemeinen. Sie könnten aber gewiss auch bei der spezielleren Gliederung dieser Periode wertvolle Dienste leisten, sobald ihre Systematik etwas präziser durcharbeitet und das vorhandene Material vollständiger ausgenützt ist. Der Zeitraum, während dessen sie Europa bewohnt haben, ist lang und zweifellos in mehrere Phasen zerlegbar, die durch verschiedene Mutationen des Genus charakterisiert sind. Vorderhand freilich sind die Anthracotherien einer säugetierpaläontologisch motivierten Gliederung der Oligocänperiode eher hinderlich gewesen, indem öfters auf Grund voreiliger Speziesbestimmungen voreilig auf Identität des Niveaus geschlossen worden ist.

Die folgenden Bemerkungen wollen einer künftigen Monographie des Genus etwas vorarbeiten. Zu einer vollständigen Ver-

---

[1]) W. Kowalevsky, Monographie der Gattung Anthracotherium. Palaeontographica 1873.

[2]) F. Teller, Neue Anthracotherienreste aus Südsteiermark und Dalmatien. Beiträge zur Palaeontologie Oesterreich-Ungarns. 1884.

wertung der ziemlich zahlreichen Notizen über Anthracotherienfunde, die ich auf verschiedenen Reisen gesammelt habe, reicht der zur Verfügung stehende Raum nicht aus. Ich hoffe dazu demnächst in anderm Zusammenhang Gelegenheit zu finden.

Anthracotherium minus und minimum Cuv. (Microbunodon Depéret).

Die unter dem Namen A. minus Cuvier, A. Laharpei Renevier, A. Sandbergeri Myr., A. minimum Cuvier, A. breviceps Troschel signalisierten Formen bilden eine wohlumgrenzte Gruppe, welche zu den übrigen Anthracotherien des europäischen Oligocäns nicht nur durch geringe Körpergrösse, sondern auch durch eine sehr aberrante Differenzierung der Eckzähne in Gegensatz tritt. Die Kronen der Maxillarcaninen sind dreikantig anstatt drehrund, im weiblichen Geschlecht kurz, im männlichen säbelförmig verlängert, ähnlich wie bei Moschus. Die Kronen der Mandibularcaninen sind kurz, zweikantig und ziemlich kompress, fast noch prämolariform.

Depéret[3]) hat kürzlich diese Formen vom Genus Anthracotherium s. str. abgetrennt und auf zwei neue Genera: *Microbunodon* mit der Typusspezies M. Laharpei und *Microselenodon* mit der Typusspezies M. minimum verteilt. Die Abtrennung derselben von Anthracotherium halte ich für durchaus gerechtfertigt, nicht aber ihre Verteilung auf zwei Genera. Ich habe alle wichtigern einschlägigen Dokumente selbst in Händen gehabt und kann versichern, dass die von Depéret — wie es scheint auf Grund der Abbildungen — angenommenen Divergenzen im Molargepräge nicht existieren. Ausser den schon von Cuvier durch die Speziesnamen „minus" und „minimum" zum Ausdruck gebrachten nicht sehr bedeutenden Grössendifferenzen, scheinen innerhalb der Gruppe überhaupt keine Unterschiede zu bestehen. Die von Renevier als „A. Laharpei" bezeichnete Oberkieferbezahnung gehört zweifellos zu der von Kowalevsky und ihm als „A. minus" bezeichneten Mandibularbezahnung gleicher Provenienz. A. breviceps Troschel ist, wie ich schon vor Jahren festgestellt habe, identisch mit A. minimum Cuvier. A. Sandbergeri hält in der Grösse die Mitte zwischen A. minus und minimum.[4]) Da Tiere von Minus- und

[3]) Ch. Depéret, L'histoire géologique et la phylogénie des Anthracothérides. — C. r. acad. sc. 1908.

[4]) Durch wiederholte Vergleichung eines Gipsabgusses der Mandibularreihe von Gusternhain, auf welcher A. Sandbergeri beruht, mit breiten Materialien von A. minimum habe ich mich überzeugt, dass die strukturelle Abweichung, die ich seinerzeit an derselben wahrzunehmen glaubte, nicht existiert. — Ich nehme bei dieser Gelegenheit auch die seinerzeit gemachte

Minimum-Grösse zuweilen am nämlichen Fundort vorkommen, kann man sich fragen, ob es überhaupt statthaft ist, zwei Spezies zu unterscheiden.

Ich schlage demgemäss vor, für diese kleinen Anthracotheriden mit dreikantigen Maxillarcaninen den Genusnamen „*Microbunodon*“ beizubehalten, den Genusnamen Microselenodon dagegen fallen zu lassen.

Die Gegenwart des Genus Microbunodon auf europäischem Boden ist auf einen relativ kurzen Abschnitt der jüngern Oligocän-Zeit beschränkt. In den obersten Oligocänschichten (St. Gérand-le-Puy, Weisenau, Haslach) einerseits, in den Phosphoriten des Quercy andererseits[5]) fehlt jede Spur desselben. Es muss also nach der Bildung der oligocänen Knochenlager des Quercy eingewandert, aber schon vor der Bildung der Süsswasserkalke von Saint-Gérand etc. erloschen sein und kann mithin als ein vorzügliches Leitfossil des zwischen diesen beiden Ereignissen inneliegenden Zeitraumes gelten. Im französischen Südwesten, wo es sehr häufig ist, findet es sich im obersten Teil der „Molasses de l'Agenais“, der über das Plateau des Quercy transgrediert (was vollkommen mit dem Fehlen des Genus in den Phosphoriten in Einklang steht) und weiter östlich in der Gegend von Toulouse von einem weitern Molassekomplex überlagert wird, der (bei Pechbonnieu etc.) die Fauna von St.-Gérand-le-Puy enthält.

Ob diese Microbunodonphase der Oligocän-Zeit noch weiter zu gliedern ist, wird die Zukunft lehren. Vorderhand sehe ich kein stichhaltiges Motiv um beispielsweise, wie Depéret kürzlich getan hat, die Lignite von Rott bei Bonn mit M. minimum für jünger zu erklären als die, die gleiche Spezies liefernden Schichten des französischen Südwestens.

Die „Molasse à lignite“ von Rochette bei Lausanne, in welcher Reste von Microbunodon minus gefunden worden sind, führt auch die in der Oligocänstratigraphie viel genannte *Helix Ramondi*. Es hat demgemäss sehr den Anschein, dass sich die Microbunodon-

---

Angabe, dass A. minimum im Süsswasserkalk von Briatexte vorkomme, zurück. Das Dokument, das mich zu derselben verleitet hat, eine stark bebeschädigte Mandibel in der Sammlung Noulet, hat sich bei genauerer Prüfung als zu Metriotherium gehörig erwiesen. — Vergl. H. G. Stehlin, Ueber die Geschichte des Suidengebisses, 1899—1900, p. 34 Anm.

[5]) Die Angabe Thévenin's, dass A. minimum in den Phosphoriten vorkomme, beruht auf Verwechslung mit Metriotherium, die Angabe Depéret's, dass A. minus im Vicentinischen gefunden worden sei, wahrscheinlich auf Verwechslung mit einem noch unbeschriebenen kleinen Artiodactylen, der den Suiden fast näher zu stehen scheint als den Anthracotheriden.

phase mit der Helix Ramondiphase deckt. In der Gegend von Agen freilich wird die Molasse mit Microbunodon von dem „calcaire blanc de l'Agenais à Helix Ramondi" überlagert; es liegt hier aber sehr wahrscheinlich nur an den faziellen Verhältnissen, dass die beiden Formen noch nicht mit einander gefunden worden sind, indem die grobkörnige Molasse bisher überhaupt keine Landmollusken, der Süsswasserkalk überhaupt keine Säugetierreste geliefert hat.

Anthracotherium bumbachense n. sp.

Einige Geologen bezeichnen immer noch jeden grossen Anthracotherienzahn als Anthracotherium magnum und leiten aus solchen Bestimmungen stratigraphische Schlüsse ab. Kowalevsky hat jedoch vor bald vierzig Jahren nachgewiesen, dass die grossen Anthracotherien in zwei Gruppen zerfallen, von denen die eine stark entwickelte, die andere beträchtlich reduzierte Seitenzehen hat; und gewichtige Anzeichen sprechen dafür, dass diese beiden Gruppen stratigraphisch durchaus nicht gleichwertig sind.

Die Speziesnamen, welche für grosse Anthracotherien vorgeschlagen worden sind — A. magnum, A. valdense, A. illyricum — beziehen sich alle auf Formen der zweiten, der „anisodactylen Gruppe". Es liegt vielleicht daran, dass die Existenz der „isodactylen", oder richtiger „subisodactylen Gruppe" so oft vergessen wird und es erscheint daher angezeigt, diesem Missstande abzuhelfen. Kowalevsky kannte Reste solcher Anthracotherien mit starken Seitenzehen von Bumbach, von Digoin und von einem unbekannten Fundorte in der Auvergne.[6]) Die besten Anhaltspunkte hat ihm das Material von der ersten dieser drei Lokalitäten geliefert. Ich möchte daher vorschlagen, das Tier von Bumbach als *„Anthracotherium bumbachense"* zu bezeichnen. Es ist belegt durch ein Scaphoïd, ein Pyramidale (etwas fraglich), ein Pisiforme, ein Metacarpale II, ein Cuboïd, ein Metatarsale IV und diverse Phalangen (Kowalevsky, Tab. XI, Fig. 38, 44—47, 49, 55a, 56, 58; Museum von Lausanne); ferner durch sehr abgenützte untere M_2—M_1 (Länge 0,077), einen untern P_2 (Länge 0,03) und durch einige Caninen und Incisiven (Museen von Bern und Basel).

Die Tiere von Digoin und aus der Auvergne lassen sich nicht kurzweg in diese Spezies einreihen. Das vierte Metatarsale von

---

[6]) Dass sich, wie Kowalevsky vermutet hat, auf diese in London befindlichen Fussknochen aus der Auvergne der Bravard'sche Name „A. lembronicum" bezieht, ist nicht mit Sicherheit festzustellen.

Digoin (Blainville, Anthr. Pl. II) ist gleich lang, aber beträchtlich breiter als dasjenige von Bumbach. Die Knochen aus der Auvergne weisen auf ein noch stärkeres Tier als diejenigen von Digoin und Bumbach. Es wird wohl am richtigsten sein, diese Materialien vorderhand als „Anthracotherium cfr. bumbachense“ zu rubrizieren.

Ob sich die subisodactylen Formen auch nach Merkmalen der Backenzähne von den anisodactylen unterscheiden lassen, ist sehr fraglich. Die Maxillarmolaren von Digoin weichen allerdings in den Umrissen von denjenigen von Cadibona ab, sie stimmen aber, wie Teller gezeigt hat, sehr nahe mit denen von Trifail überein, die ebenfalls zu anisodactylen Füssen gehören. Man wird also gut tun, in derartige odontologische Detaildifferenzen zunächst kein Vertrauen zu setzen.

Anthracotherium bumbachense ist in Bumbach in Gesellschaft eines grossen Rhinoceriden mit sehr einfachen Prämolaren vom Typus des Acerotherium Filholi Osborn gefunden worden. Dieser Rhinoceridentypus findet sich nie in Gesellschaft von Microbunodon oder von grossen anisodactylen Anthracotherien. Er ist charakteristisch für das ältere Mitteloligocän (Villebramard, Klein-Blauen) in dem die letzten Vertreter der Genera Entelodon und Plagiolophus vorkommen. Die grossen subisodactylen Anthracotherien scheinen demnach diesem relativ tiefen Niveau des Oligocäns anzugehören.

Anthracotherium magnum Cuvier, Anthracotherium valdense Kowalevsky, Anthracotherium illyricum Teller.

Die grossen Anthracotherien von Cadibona, Rochette und Trifail-Sagor, welche die Namen A. magnum, A. valdense und A. illyricum tragen, gehören, wie Kowalevsky und Teller nachgewiesen haben, zur anisodactylen Gruppe. Sie sind die am stärksten differenzierten Mutationen des Genus Anthracotherium.

Im Lignit von Cadibona ist eine ungewöhnlich grosse Menge von Gebissmaterialien gefunden worden. Gastaldi und namentlich Squinabol[7]) haben darauf aufmerksam gemacht, dass sich dieselben in gewissen Beziehungen auffallend verschieden verhalten. Die Körpergrösse, die Stärke der Caninen, die Länge der Diastemen vor und hinter P_4 inf. — mithin also wohl auch die Länge des Gesichtschädels — variieren innerhalb sehr weiter Grenzen. Die eigentümliche Protuberanz des Ramus horizontalis unterhalb von P_3 zeigt die diversesten Abstufungen; sie kann sehr stark, aber

[7]) B. Gastaldi, Cenni sui vertebrati fossili del Piemonte. — Mem. R. accad. sc. Torino XIX, 1858. — S. Squinabol, Rivista dei grossi Anthracotherium di Cadibona. — Boll. soc. geol. ital., IX, 1891.

auch wiederum gar nicht entwickelt sein. Der untere J_3 und der untere P_4 können fehlen und zwar beide schon in jugendlichem Alter.[8])

Auf Grund dieser Differenzen und auf Grund des Umstandes, dass sich dieselben zum Teil in bestimmter Weise kombinieren, glaubte Squinabol das traditionelle A. magnum Cuvier in nicht weniger als sechs Arten auflösen zu sollen. Da aber das gesamte in Rede stehende Material einem und demselben Lignitlager entstammt, das — geologisch gesprochen — doch nur eine kurze Zeitspanne repräsentiert, so scheint es mir trotz alledem viel wahrscheinlicher, dass wir in dem festgestellten Tatbestand einfach eine Belehrung über die Variationsbreite der Species Anthracotherium magnum zu erblicken haben.

Zum Teil sind die beobachteten Differenzen ohne Zweifel sexueller Natur, doch ist es nicht ganz leicht, die Grenze zwischen sexuellem und rein individuellem zu ziehen.

Jedenfalls ist bei den starken Differenzen, welche die Eckzähne darbieten, der Geschlechtsunterschied mit im Spiele. Ich habe unter den Cadibonamaterialien der Florentiner Sammlung auffallend schwache und kurzkronige obere und untere Eckzähne gesehen, die sicher von weiblichen Individuen herrühren. Von den bei Squinabol abgebildeten Mandibelfragmenten scheinen die in Figur 1 und 3, Tafel III wiedergegebenen eine solche Bachenbewehrung besessen zu haben.[9]) Daneben zeigen dann aber freilich diejenigen Caninen, welche ihrer Kronenhöhe nach als männliche taxiert werden müssen, noch sehr bedeutende Stärkendifferenzen unter sich.

Ferner dürften die Unterschiede in der Körpergrösse und in der Stärke der Mandibularprotuberanz bis auf einen gewissen Grad mit der Geschlechtsdifferenz zusammenhängen. Wenigstens ist mir keine Beobachtung bekannt, welche mit der Annahme in Widerspruch stünde, dass die kleinsten Individuen und diejenigen ohne Protuberanz durchweg weibliche, die grössten Individuen und diejenigen mit starker Protuberanz durchweg männliche sind.

Nach Analogie von Sus könnte man vermuten, auch die Länge der Diastemen stehe in etwelcher Korrelation mit dem Geschlecht.

---

[8]) Squinabol erwähnt sogar eine Mandibelhälfte, an welcher nicht P_4, sondern P_3 fehlt. In diesem Falle handelt es sich aber offenbar um eine frühzeitig eingetretene Verletzung. Der Umstand, dass auch keine Spur einer Alveole mehr wahrzunehmen ist, beweist durchaus nicht das Gegenteil, wie Squinabol annimmt.

[9]) Der ebenda in Figur 6, Tafel VI, wiedergegebene isolierte Zahn scheint mir — nach der Figur zu urteilen — fast eher ein Milchcanin als ein weiblicher definitiver zu sein.

Es scheint dies jedoch nicht der Fall zu sein. Auch das Vorhandensein oder Fehlen von J_3 und P_4 hat allem Anschein nach mit der Geschlechtsdifferenz nichts zu schaffen. Es bleibt also nach Abzug der sexuellen immer noch ein sehr namhafter Betrag rein individueller Variabilität übrig.

Eine wertvolle Erweiterung unserer Kenntnis des Anthracotherium magnum darf man sich von einer einlässlichen Bearbeitung des wunderbaren Schädels in der Sammlung des Club alpino zu Savona versprechen, von dem die Abbildung bei Squinabol nur einen sehr mangelhaften Begriff gibt. Um diesem Dokument alle Belehrung, die es zu bieten vermag, abgewinnen zu können, müsste man es freilich erst vollständig von der Umhüllungsmasse befreien.

Anthracotherium illyricum scheint kaum mehr als ein Lokalschlag des A. magnum zu sein. Die kleinen Abweichungen, die es gegenüber letzterm in der Struktur einiger Backenzähne aufweist, sind doch gar zu geringfügig, um damit eine besondere Species zu begründen. Anthracotherium valdense[10]) weicht etwas stärker ab durch die extravagante Grösse seiner Backenzähne, durch den Besitz eines kleinen Ansatzes hinten am Talon des untern M_3 und namentlich durch die Kürze seiner Metapodien, die eigentümlich mit den Gebissdimensionen kontrastiert.

Anthracotherium magnum tritt in Cadibona in Begleitung von Microbunodon minus, A. valdense in Rochette in Begleitung von Microbunoden minus und Helix Ramondi[11]) auf. Diese grossen anisodactylen Anthracotherien gehören also der Microbunodon- und Helix Ramondi-Phase der Oligocänzeit an; sie sind — von dem unten zu besprechenden A. Meneghinii abgesehen — die letzten europäischen Vertreter des Genus. Alle Angaben über Funde von Anthracotherium magnum in älteren Schichten (inklusive Phosphorite des Quercy) sind unzuverlässig, weil bloss auf Molaren basiert, die ebensogut in die Bumbachense-Gruppe gehören können.

---

[10]) Kowalevsky l. c.

[11]) Die in der geologischen Literatur häufig wiederkehrende Annahme, Helix Ramondi sei isochron mit dem *Genus* Anthracotherium ist unrichtig. H. Ramondi ist isochron mit den *letzten* Anthracotheriumarten unseres Oligocäns (A. magnum-valdense, Microbunodon minus-minimum) und verschwindet mit ihnen; aber sie *erscheint* lange nach den *ersten* Anthracotheriumarten.

Anthracotherium Cuvieri Gaudry (nec Pomel).

Das Mandibelfragment aus den miocänen Sanden des Orléanais, für welches Pomel ursprünglich den Namen „Anthracotherium Cuvieri“ aufgestellt hat, rührt von dem Tiere her, das wir heute als „Brachyodus onoïdeus Gervais“ bezeichnen. „Anthracotherium Cuvieri Pomel“ kommt also für uns nicht in Betracht. Dagegen hat Gaudry[12]) später, freilich mit Vorbehalt, den Pomel'schen Speciesnamen auf die im Museum von Moulins befindlichen Anthracotherienreste aus dem Oligocänkalk von St. Menoux (Allier) übertragen. Dieses „Anthracotherium Cuvieri Gaudry“ ist ein echtes Anthracotherium.

Das Material im Museum von Moulins umfasst ausser dem bekannten Schnauzenende mehrere andere Kieferfragmente, denen Gaudry bloss die Bilder eines obern und eines untern M_3 entnommen hat. In neuerer Zeit ist zu diesem ersten Funde ein zweiter gekommen, den ich vor ein paar Jahren mit gütiger Erlaubnis des Besitzers, Herrn Abbé Moret in St. Menoux, besichtigen konnte. Er umfasst, ausser einigen isolierten Zähnen, diverse Langknochenfragmente und Fussknochen, worunter mehrere ganze Metapodien, ergänzt also den ersten in sehr erwünschter Weise.

Das Anthracotherium von St. Menoux hat die Dimensionen der kleinern Individuen von Cadibona. Es zeigt aber in der Gestaltung des Schnauzenendes und der Inzisiven deutliche Abweichungen gegenüber A. magnum, die mir nicht belanglos scheinen. Das Schnauzenende ist etwas weniger zugespitzt, der Bogen, in dem die Inzisiven angeordnet sind, daher etwas weniger ogival. Die Inzisiven haben kürzere Kronen; die untern scheinen etwas weniger stark nach Suidenart differenziert zu sein; die obern zeigen nicht die für A. magnum und valdense charakteristische Grössenzunahme von J_3 zu J_1, vielmehr ist der letztere eher etwas kleiner als J_3. Die Metapodien stehen denjenigen der vorigen Arten sehr nahe, doch schienen mir die seitlichen etwas weniger reduziert zu sein.

Alles in allem habe ich den Eindruck, die Form stehe der Gruppe A. magnum-valdense zwar sehr nahe, repräsentiere aber doch ein etwas weniger terminales Evolutionsstadium.

In der geologischen Literatur wird aus dem Süsswasserkalk von St. Menoux Helix Ramondi zitiert, unter Berufung auf die Autorität Gaudry's. Gaudry hat indessen diese Helix nicht selbst bestimmt, er sagt vielmehr ausdrücklich: „M. Bertrand m'a écrit qu'on a trouvé dans ce calaire des Helix Ramondi...“

---

[12]) A. Gaudry, Sur l'Anthracotherium découvert à Saint-Menoux (Allier) Bull. soc. géol. de France (3) II 1873 p. 36.

Ich habe in den Steinbrüchen von St. Menoux eine ziemliche Anzahl von Helices gesammelt. H. Ramondi befindet sich nicht darunter, wohl aber eine ihr sehr ähnlich sehende kleinere Form, die vorzüglich mit Helix Tournali von Briatexte übereinstimmt. Demgemäss dürfte der Süsswasserkalk von St. Menoux nicht dem Niveau von H. Ramondi und Microbunodon angehören, sondern dem etwas tiefern Niveau des „Calcaire de Cordes". Mit dem soeben über die systematische Stellung des Anthracotheriums gesagten, steht dies vollkommen in Einklang.

Anthracotherium seckbachense Kinkelin.

F. Kinkelin hat 1884[13]) unter der Bezeichnung „Hyopotamus seckbachensis" einen Astragalus aus den Cyrenenmergeln von Seckbach bei Frankfurt beschrieben. Dieser Knochen ist nun aber für alle durch Zähne belegten Hyopotamidenarten des europäischen Oligocäns entschieden zu gross und da überdiess inzwischen an der nämlichen Fundstelle Anthracotherienbackenzähne gefunden worden sind, welche in den Dimensionen vorzüglich zu demselben passen, so erscheint es mehr als wahrscheinlich, dass er zu diesen gehört, also ins Genus Anthracotherium zu verweisen ist. Herr Professor Kinkelin ist so freundlich gewesen, mir brieflich mitzuteilen, dass er heute selbst geneigt ist, die Bestimmung „Hyopotamus" aufzugeben.

Das Thier von Seckbach wäre also bis auf weiteres als „Anthracotherium seckbachense" zu rubrizieren. Seine Zähne sind von starker Mittelgrösse, wie diejenigen des Anthracotherium Cuvieri Gaudry. Es könnte sich — bei genauerer Kenntnis — umso eher als identisch mit diesem letztern erweisen, als die Cyrenenmergel des Mainzerbeckens, wie der Kalk von St. Menoux, etwas älter sind als der Horizont von Helix Ramondi („Landschneckenkalk").

Der Speciesname „seckbachense" würde eventuell den Vorzug verdienen, da die Bezeichnung „Cuvieri", wie bemerkt, eigentlich mit Unrecht auf das Tier von St. Menoux übertragen worden ist.

Anthracotherium hippoïdeum Rütimeyer.

Die Species „Anthracotherium hippoïdeum Rütimeyer" ist für eine rechte Mandibelhälfte aus der untern Süsswassermolasse von Aarwangen aufgestellt worden, die sich im Berner Museum be-

---

[13]) F. Kinkelin, Ueber Fossilien aus Braunkohlen der Umgebung von Frankfurt a/M. — Bericht über die Senkenbergische naturforschende Gesellschaft 1884.

findet.[14]) Als Speciescharaktere hat Rütimeyer geltend gemacht: die Grösse, die über A. alsaticum hinausgeht, aber hinter A. magnum zurückbleibt; die mehr an die Palaeotherien als an die andern Anthracotherien erinnernde Beschaffenheit der Symphysal- und Inzisivpartie; das von den übrigen Anthracotherien etwas abweichende, feinere Gepräge der Molaren.

Kürzlich ist nun A. hippoïdeum durch Depéret (l. c.) — offenbar in Anbetracht der letztgenannten Eigentümlichkeit — in das Genus Brachyodus versetzt und genealogisch zwischen den B. borbonicus des Stampien und den B. onoïdeus des Burdigalien eingereiht worden. Um mir über die Berechtigung dieser neuen Auffassung sowohl als über die systematische Stellung des Tieres überhaupt ein präzises Urteil bilden zu können, habe ich mir von der Direktion des Berner Museums die Aarwanger Mandibel zur Vergleichung nach Basel erbeten.[15])

Der augenfälligste unter den Zügen, durch welche sich die Mandibularmolaren des Genus Brachyodus von denjenigen des Genus Anthracotherium unterscheiden, besteht darin, dass die Kante oder Falte vorn aussen am hintern Innenhügel bei ersterm ausserordentlich stark entwickelt ist und mit dem Vorderarm des Hinterhalbmonds in Verbindung tritt, während sie bei letzterm eine abgestumpfte, mehr oder weniger verwischte Beschaffenheit zeigt und ausser jeder Beziehung zum Hinterhalbmond bleibt. An den Aarwanger Molaren ist diese Falte deutlich, die Usur des hintern Innenhügels sendet ihr entlang einen kleinen Ausläufer. Aber sie ist nicht stärker entwickelt als an vielen andern Anthracotherienzähnen und zeigt nicht die geringste Neigung, mit dem Hinterhalbmond in Verbindung zu treten. In diesem Hauptpunkte verhält sich das Tier von Aarwangen also wie die Anthracotherien und nicht wie Brachyodus. Der Brachyodusmolar unterscheidet sich ferner vom Anthracotherienmolaren durch die starke Verwischung oder völlige Unterdrückung der Falten vorn an den Innenhügeln; durch die etwas schärfere Knickung der Aussenhalbmonde und die damit zusammenhängende etwas stärkere Ausweitung der Bucht zwischen denselben; durch die geringere Höhe der Basis, auf der sich die Kronenhöcker erheben und durch die schärfere Zuspitzung dieser Höcker; durch das Fehlen eines Nebenhügels an dem rein hufeisenförmig ausgestalteten Talon von M_3;

---

[14]) L. Rütimeyer, Ueber Anthracotherium magnum und hippoideum. — Denkschriften der Schw. Naturf. Ges. XV, 1857.

[15]) Ich spreche den Herren Dr. Gerber und Prof. Studer für die Zuvorkommenheit, mit der sie meiner Bitte entsprochen haben, meinen verbindlichsten Dank aus.

durch die überaus üppige und scharf ausgeprägte Fältelung der Schmelzoberfläche. Auch in allen diesen weitern Beziehungen stellen sich die Molaren des Aarwanger Kiefers ganz entschieden und unzweideutig auf die Seite von Anthracotherium. Ich kann an diesen Zähnen überhaupt kein einziges greifbares Detail entdecken, das aus dem allgemeinen Variationskreis der Anthracotherien herausträte und glaube, dass sich Rütimeyer in diesem Punkte, infolge der Kümmerlichkeit seines Vergleichsmateriales, getäuscht hat. Auch die Prämolaren folgen durchaus dem Typus der Anthracotherien.

Meine Untersuchung führt mich also zu dem Ergebnis, dass A. hippoïdeum ein echtes Anthracotherium ist und mit Brachyodus nichts zu schaffen hat.[16]) Was speziell die genealogische Einreihung desselben zwischen den viel kleinern B. borbonicus und den nur um ein weniges grössern B. onoïdeus anbelangt, so ist sie schon darum unzulässig, weil in Aarwangen neben A. hippoïdeum derselbe B. borbonicus[17]) gefunden worden ist, von dem es nach dieser Auffassung abzuleiten wäre.

Als Hauptcharakteristikum des Anthracotherium hippoïdeum hat Rütimeyer die aberrante Gestaltung der Inzisivpartie[18]) betrachtet. Der Alveolarrand der Inzisiven springt in der Tat bedeutend weniger über die Verbindungslinie zwischen den Vorderrändern der Caninalveolen vor, als bei A. magnum und valdense,

---

[16]) Bei diesem Anlass sei auf die sehr merkwürdigen obern M_3—M_2 von Moissac hingewiesen, welche Gervais (Z. et P. fr. Pl. XXXI, Fig. 10) unter der Bezeichnung A. magnum abgebildet hat, nachdem schon vorher Blainville eine verkleinerte Skizze derselben mitgeteilt hatte. Wenn irgend ein oligocänes Anthracotherium nähere Beziehungen zu Brachyodus hat, so ist es dieses. Sowohl die aberrante Ausbildung des Mesostyles als das starke Innencingulum weisen in dieser Richtung. In die Ascendenz von Brachyodus onoïdeus dürfte das Tier von Moissac freilich kaum gehören, da es grösser ist als die stärksten Exemplare des letztern. Moissac scheint ungefähr gleichen Alters wie Aarwangen zu sein.

[17]) B. borbonicus ist von Aarwangen belegt durch einen obern Molaren, einen untern P_2 (von Rütimeyer seinerzeit mit Vorbehalt auf Anthracotherium minus bezogen), durch einen untern J_2 und einen untern J_3, die ich in meiner Arbeit über das Suidengebiss (Tafel I, 4—5 und 30—31) abgebildet und versuchsweise als J_1 sup. und J_2 inf. von Doliochoerus gedeutet habe.

[18]) Dieselbe ist stark beschädigt und restauriert, hat auch offenbar seit Rütimeyers Zeit noch etwas gelitten, denn das Vorhandensein einer J_3-Alveole lässt sich gegenwärtig nicht mehr feststellen. Eine namhafte Entstellung durch Druck oder Restauration scheint jedoch nicht stattgefunden zu haben. Die Incisiven scheinen sich morphologisch nicht wesentlich von denen andrer Anthracotherien zu unterscheiden. Sie sind nur ausserordentlich stark abgenutzt.

die Inzisiven sind in beträchtlich knapperem Bogen angeordnet und zugleich steiler eingesetzt. In diesen Beziehungen vermittelt nun aber das Anthracotherium von St. Menoux in sehr bemerkenswerter Weise zwischen den beiden Extremen. Die Inzisivpartie ragt bei demselben etwas weniger über die Caninalveolen nach vorne und die Inzisiven sind etwas weniger liegend eingepflanzt als bei A. magnum. Andererseits ist aber zwischen J_2 und C, im Gegensatz zu A. hippoïdeum, nicht nur für einen ansehnlichen J_3, sondern auch noch für ein kleines Diastema hinter demselben Raum vorhanden. Noch näher kommt dem Aarwanger Kiefer das Mandibelfragment von Armissan im Museum von Toulouse, das von Noulet direkt auf A. hippoïdeum bezogen worden ist. Dass die Inzisiven des Aarwanger Kiefers noch etwas steiler stehen als die der Belegstücke von St. Menoux und Armissan, liegt vielleicht nur daran, dass sie so stark abgenützt sind. Wenigstens ist bei Ruminantiern häufig zu beobachten, dass sich die Inzisiven bei seniler Usur etwas steiler einstellen.

Anthracotherium hippoïdeum nimmt demnach unter seinen Genusgenossen doch eine wesentlich weniger isolierte Stellung ein, als Rütimeyer seinerzeit angenommen hat. Insbesondere könnten sich für dasselbe ziemlich nahe Beziehungen zu A. Cuvieri Gaudry herausstellen.

Die Begleitfauna, in der es in Aarwangen auftritt, weist auf ein älteres Niveau als dasjenige von Helix Ramondi, Microbunodon und A. magnum-valdense, ihre stratigraphisch wichtigsten Formen sind Bachitherium curtum, Doliochoerus spec., Hyopotamus borbonicus und Protechimys major. Ich bin sehr geneigt, den Fundort in den Horizont der Cyrenenmergel des Mainzerbeckens und des Kalkes von St. Menoux zu stellen. Demselben Niveau dürfte auch die Fundschicht von Armissan angehören.

Anthracotherium monsvialense de Zigno und Anthracotherium alsaticum Cuvier.

Die Spezies „Anthracotherium monsvialense“ ist 1888 von de Zigno[19]) für einen im Gabinetto geologico der Universität Padua befindlichen Oberkiefer aus dem Lignit von Monteviale bei Vicenza aufgestellt worden. Sie sollte sich von A. magnum und illyricum durch geringere Dimensionen und kürzere Caninen, von A. minus durch stärkere Dimensionen, von allen bisher bekannten Anthracotherien durch den Besitz eines vierten Molaren unterscheiden.

[19]) A. de Zigno, Antracoterio di Monteviale. Mem. R. Ist. Veneto 1888.

Eine Species mit vier Molaren wäre nicht nur im Genus Anthracotherium, sondern in der ganzen grossen Gruppe der „Eutheria" ein Unikum. Die Angaben de Zigno's wurden daher von den Säugetierpaläontologen vom Fach mit Befremden aufgenommen. Einige (Teller, Weithofer) zogen mehr oder weniger direkt den Tatbestand in Zweifel, andere (Gaudry, Schlosser) versuchten denselben durch etwas gewagte Umdeutungen annehmbarer zu machen.[20]) Keiner der genannten Autoren war indessen in der Lage, auf Grund eigener Untersuchung des Fossiles ein abschliessendes Urteil über dasselbe abzugeben.

Bei einem Besuche in Padua im Jahre 1900 habe ich mir von den Herren Professoren Omboni und Dal Piaz[21]) die Erlaubnis erbeten, das berühmt gewordene Fundstück einer genauern Prüfung zu unterwerfen. Es war nicht schwer zu erkennen, dass dasselbe ein Falsifikat plumpster Art ist. Um allen Zweifeln, die etwa noch auftauchen könnten, den Boden zu entziehen, gebe ich meinen Befund in allen Details wieder.

Von den Backenzähnen der rechten Kieferhälfte (s. d. Figur bei de Zigno l. c.) befinden sich P_3, P_2, P_1 und M_1 zweifellos in situ. M_2 ist aufgeleimt, aber nicht verdächtig; seine Usur steht im richtigen Verhältnis zu derjenigen des M_1, seine Innenwurzel scheint im Kieferknochen, der die M_1—P_3 trägt, zu stecken. Fremde Zutat sind dagegen ohne alle Frage die als M_3 und M_4 figurierenden Zähne. Es ergibt sich dies nicht nur aus ihrer Umgebung, sondern namentlich auch aus ihrem Usurgrad, der vorgerückter ist als derjenige des M_2. Der hintere von den beiden scheint seinem Umriss nach ein M_3 zu sein, der vordere ein M_2; ihrer Abnützung nach könnten sie zusammen gehören.

Von den Backenzähnen der linken Seite sind P_3, P_2, P_1, M_1 und M_2 unverdächtig. Auch die Vorderhälfte von M_3 scheint an der Stelle, die ihr zukommt, aufgeleimt zu sein. Was hinter derselben folgt und die Hinterhälfte von M_3, sowie M_4 darstellen soll, ist dagegen ein willkürlich beigefügtes Gehäcksel von Molarfragmenten.

In einiger Distanz vor P_3 sind auf der rechten Seite Wurzelspuren von P_4 zu sehen. Linkerseits ist die entsprechende Stelle, wie de Zigno richtig hervorgehoben hat, von einem zerquetschten Knochenfragment überlagert.

[20]) A. Gaudry, Sur le fossile décrit par de Zigno sous le nom d'„Anthracotherium monsvialense". Bull. soc. géol. de France (3) XVIII, 1890, p. 255. — M. Schlosser, Literaturbericht etc. für das Jahr 1889. Archiv für Anthropologie XX, p. 135.

[21]) Ich spreche den beiden Herren für ihr Entgegenkommen meinen verbindlichsten Dank aus.

Ob der Kieferknochen zwischen P_3 und C kontinuierlich erhalten ist, lässt sich beiderseits nicht ganz sicher ermitteln; der genaue Betrag der Distanz P_3—C ist also dem Fundstück nicht zu entnehmen. Die Caninen stehen noch in Verbindung mit Kieferknochenteilen. Dass sie in der Tat vom gleichen Individuum herrühren wie die Backenzahnreihen, scheint kaum zweifelhaft. Die Krone des rechten ist intakt, die des linken restauriert.

Vor den Caninen schliesst der Oberkiefer abrupt ab mit einer fast quergestellten Reihe von vier steil eingepflanzten Inzisiven, also in ganz anderer Weise als etwa bei Anthracotherium magnum, wo sechs sehr schräg gestellte Inzisiven sich in ogivalem Bogen aneinanderreihen. Dass diese Partie unzuverlässig ist, hat auch de Zigno wahrgenommen; der Lieferant des Fossiles hat ihm sogar gestanden, er habe die Zähne auf gut Glück an den Oberkiefer angefügt. Nicht bemerkt hat de Zigno dagegen, dass diese — in seiner Figur übrigens mangelhaft wiedergegebenen — Inzisiven überhaupt keine oberen, sondern untere sind. Der zunächst beim rechten Caninen eingesetzte ist ein ziemlich usiertes Exemplar von J_2 inf. dext., der nächstfolgende ein frischeres, also von einem jüngern Individuum herrührendes Exemplar desselben Zahnes. Die als J_1 und J_2 sup. sin. figurierenden Zähne sind usierte J_1 inf. sin. und J_1 inf. dext. Die ganze Partie vor den Caninen ist mithin völlig heterogene Zutat, wie die angeblichen M_4.

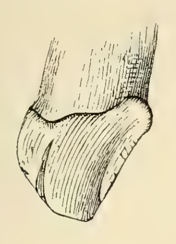
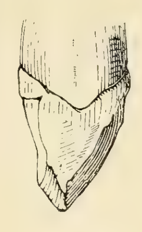
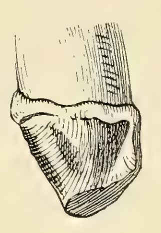
Was an diesem Kiefer echt ist, stimmt in den Grundzügen vollkommen mit dem durch Anthracotherium magnum etc. vertretenen Grundtypus überein und es kann sich nur fragen, ob etwa der Speciesname „Anthracotherium monsvialense“ trotzdem seine Existenzberechtigung hat.

Der Lignit von Monteviale hat ausser dem von de Zigno beschriebenen Dokument noch diverse weitere Gebissmaterialien von Anthracotherium geliefert, die durchweg analoge Dimensionen zeigen und offenbar der nämlichen Species angehören. Als bemerkenswerteste derselben sind hervorzuheben: ein Fragment der linken Mandibel mit defektem M_2 und M_1—J_3 im Museum von Vicenza und ein vorderes Schnauzenende, No. 5548 des Gabinetto geologico in Padua. In diesen beiden Sammlungen liegen auch diverse Extremitätenmaterialien, die, gehörig präpariert, wahrscheinlich zu verschiedenen interessanten Feststellungen Anlass geben könnten. Ich muss mich hier auf einige ergänzende odontologische Bemerkungen beschränken.

Die mandibularen Backenzähne zeigen keine aberranten Züge. P_4 ist durch ein Diastema von ca. 8 mm von P_3 und durch ein etwas grösseres vom Caninen getrennt.

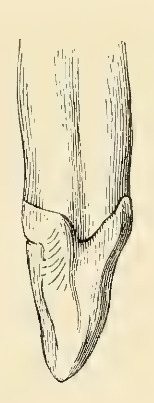
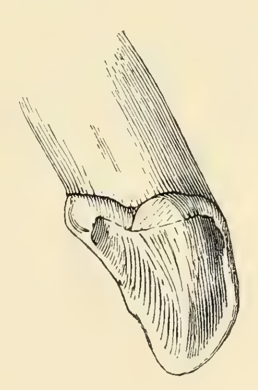
An den Maxillarmolaren ist die Grössensteigerung von M_1 zu M_3 etwas geringer als bei Anthracotherium valdense etc. und bei Microbunodon.

Der obere Canin des Schnauzenendes 5548 in Padua und der untere Canin der Mandibel in Vicenza sind beide beträchtlich kleiner und kurzkroniger als derjenige an der von de Zigno be-

Figur 1.

Anthracotherium monsvialense de Zigno von Monteviale. — J_2 sup. sin., von aussen, vorn und innen. — Original im Gabinetto geologico zu Padua. $\frac{1}{1}$.

Figur 2.

Anthracotherium monsvialense de Zigno von Monteviale. — J_1 sup. sin., von aussen, vorn und innen. — Original im Gabinetto geologico zu Padua. $\frac{1}{1}$.

schriebenen Maxilla und zeigen auf der Aussenseite der Wurzel eine Rinne, welche andeutet, dass sie ursprünglich zweiwurzlig waren. Offenbar rühren diese Fundstücke von weiblichen Individuen her, während der de Zigno'sche Oberkiefer auf ein männliches Individuum zu beziehen ist. Dass auch der Canin des letztern, mit den männlichen Caninen von Anthracotherium magnum etc. verglichen, relativ kurzkronig ist, hat schon de Zigno mit Recht hervorgehoben.

Eine sehr wichtige Ergänzung des Oberkiefers liefert uns das erwähnte Schnauzenende, an dem C—J_2 dext. in situ erhalten sind. Der Intermaxillarknochen zeigt, so weit vorhanden, ähnliche Konturen wie bei dem Anthracotherium von St. Menoux. Vor J_2 bricht er ab. Etwas vor dem Bruchrand lagen, wie die Negative in der Kohle beweisen, die beiden J_1. Sie sind abgehoben worden und daher von beiden Seiten untersuchbar. Auch die C—J_2 sin. dieses Individuums liegen in isoliertem Zustande vor. Ich gebe in den nebenstehenden Figuren die linken J_2 und J_1 in je drei Ansichten wieder.

J_2 hat eine kurze dicke Krone mit steilerem Vorder- und gedehnterem Hinterabhang. Der letztere zeigt eine ziemlich scharfe Kante und endigt in einem undeutlichen Talonrudiment. Der stumpfere Vorderabhang ist durch die Usur schräg angeschliffen und lässt, namentlich auf der Aussenseite, ziemlich deutlich eine freilich sehr unselbständige Vorderknospe erkennen. J_3, den ich nicht abbilde, hat eine noch etwas niedrigere Krone und zeigt die Strukturdetails weniger deutlich, verhält sich aber sonst sehr analog; auch seine Dimensionen sind ungefähr die nämlichen. Beide Zähne unterscheiden sich — wie auch die Caninen — von ihren Homologen bei Anthracotherium magnum etc. wesentlich nur durch die geringere Höhe ihrer Kronen.

Anders die J_1. Während die Krone dieser Zähne bei Anthracotherium magnum etc. derjenigen der J_2 ähnlich sieht, also einen dicken, spitzen, ziemlich symmetrisch gestalteten Kegel darstellt, hat sie hier eine kompresse Gestalt von stark unsymmetrischem Umriss, welche in frappanter Weise an die J_1 der Hyotherien und primitiver Sues (Sus choeroïdes z. B.) erinnert. Die Basis ihrer Innenseite ist von einem Cingulum umzogen, das am vorliegenden Exemplar eine von J_1 inf. erzeugte Usurfläche trägt.

Neben der Körpergrösse erscheint diese aberrante Differenzierung des obern J_1 vorderhand als die wichtigste Eigentümlichkeit des Anthracotheriums von Monteviale. Sie gestattet uns die systematische Stellung desselben etwas zu präzisieren.

Dass es von Anthracotherium magnum, valdense, illyricum verschieden ist, ergibt sich, wie de Zigno mit Recht betont hat, schon aus seinen stark abweichenden Dimensionen. Die Gestalt seines obern J_1 beweist aber überdiess, dass es zu diesen Formen in keinem nähern Verwandtschaftsverhältnis steht, sondern einer andern Stammlinie angehört.

Den Dimensionen nach sehr nahe kommt es den Formen von Lobsann und aus den Phosphoriten des Quercy, welche von Cuvier und von Filhol als Anthracotherium alsaticum bezeichnet worden

sind. Von diesen ist aber diejenige aus den Phosphoriten wiederum der Differenzierung ihres Inzisivgebisses nach bestimmt nicht mit ihm identisch; sie zeigt die gleiche Ausbildung der Maxillarinzisiven wie A. Cuvieri Gaudry von St. Menoux und macht ganz den Eindruck, ein etwas primitiverer Vorläufer desselben zu sein.[22]) Fraglich bleibt dagegen, ob Anthracotherium monsvialense auch von dem typischen A. alsaticum Cuvier aus den Petrolschichten von Lobsann — dessen Namen Filhol etwas voreiligerweise auf die Phosphoritspezies übertragen hat — verschieden ist, denn ein oberer J_1 ist in Lobsann bisher nicht gefunden worden.

Wir gelangen also zu dem Ergebnis, dass zweifellos zwei Anthracotherien von alsaticum-Grösse zu unterscheiden sind, dass sich aber vorderhand nicht entscheiden lässt, welcher von beiden der alte Cuvier'sche Speziesname zukommt. Unter diesen Umständen ist vorläufig für die Art von Monteviale die Bezeichnung „A. monsvialense de Zigno“ beizubehalten.

Unter den Anthracotherienresten aus den Phosphoriten, welche das Basler Museum besitzt, befindet sich ein oberer J_1 (Q. A. 40), der mit denjenigen von Monteviale gestaltlich genau übereinstimmt. Er ist etwas kleiner, aber so wenig, dass er eventuell von einem schwachen Individuum derselben Spezies herrühren kann. In den Phosphoriten des Quercy kommt also neben dem Anthracotherium alsaticum Filhol (nec Cuvier) auch Anthracotherium monsvialense (oder eine etwas primitivere Mutation desselben Phylums) vor.

Mit grösster Wahrscheinlichkeit sind ferner auf Anthracotherium monsvialense einige in Padua befindliche Anthracotherienreste aus dem Lignit von Bolca zu beziehen: ein linkes Maxillarfragment mit M_3—M_1, ein unterer M_3, namhafte Teile eines Hinterfusses. Ein oberer J_1 befindet sich freilich nicht darunter. Aber sie stimmen vorzüglich mit den Belegstücken von Monteviale überein und sind in Gesellschaft von Kiefern der nämlichen zwei Säugetierarten gefunden, welche auch in Monteviale A. monsvialense begleiten, nämlich eines Rhinoceriden, der sich nahe an das amerikanische Genus Hyracodon anschliesst und jenes noch unbeschriebenen suidenartigen Artiodactylen von Palaeochoerusgrösse, dessen oben (pag. 167, Anm. 5) gedacht worden ist.

Die Kurzkronigkeit der Caninen und Inzisiven des Anthracotheriums sowohl, als die sehr primitive Gebisstruktur des Rhinoceriden deuten auf einen tiefen Horizont des Oligocäns. Ich halte

---

[22]) H. Filhol, Recherches sur les Phosphorites du Quercy, 1877, Fig. 241.

es für sehr wahrscheinlich, dass die Lignite von Monteviale und Bolca dem Niveau von Ronzon, dem auch die Petrolschichten von Lobsann zuzuweisen sind, angehören.

Anthracotherium dalmatinum Myr.

Das kleine Anthracotherium von Monte Promina ist durch Teller, wegen gewisser craniologischer Differenzen, die es gegenüber A. illyricum aufweist, unter dem Namen „Prominatherium" von den grössern Arten abgetrennt worden. Da mir diese Differenzen, die zum Teil zweifellos Korrelate der geringern Körpergrösse sind, nicht erheblich genug scheinen, um eine generische Trennung zu rechtfertigen, ziehe ich, in Uebereinstimmung mit Depéret (l. c.) vor, es vorderhand im Genus Anthracotherium zu belassen. A. dalmatinum ist die kleinste europäische Anthracotherienspecies.

Die Geologen sind längst darüber einig, dass der Lignit von Monte Promina entweder dem obersten Eocän oder dem untern Oligocän angehört, haben aber bisher das Niveau desselben nicht präziser zu fixieren vermocht. Leider hilft uns in diesem Falle auch die Säugetierpaläontologie nicht weiter. A. dalmatinum ist bisher sonst nirgends mit Sicherheit nachgewiesen und Reste anderer Säugetiere liegen von Monte Promina nicht vor. Teller erwähnt zwar (l. c. pag. 116) eine in der Sammlung der technischen Hochschule zu Wien befindliche Mandibel eines „amphitragulusartigen Wiederkäuers" von dieser Provenienz; ich habe mich aber dieser Tage durch eigene Ansicht überzeugen können, dass auch dieses Dokument von A. dalmatinum herrührt. Herr Hofrat Toula hat nämlich die grosse Freundlichkeit gehabt, mir dasselbe nach Basel zu senden, wofür ich ihm hiemit meinen verbindlichsten Dank ausspreche. Es handelt sich um aneinander gepresste Fragmente einer linken und einer rechten Mandibelhälfte, von denen das erstere M_2—D_3, das letztere M_2—M_1 und die hintern zwei Drittel von D_1 trägt. Vor den Backenzähnen, wie es scheint ausser Verbindung mit dem Kieferknochen, sind die Kronen zweier Vorderzähne zu sehen, die ich mit Vorbehalt als JD_1 sin. und dext. deute. Die Molaren und D_1 sind durch seitlichen Druck etwas entstellt, lassen aber die typische Anthracotherienstruktur erkennen und stimmen mit A. dalmatinum in den Dimensionen völlig überein, so dass mir über die spezifische Zugehörigkeit des Fundstückes nicht der geringste Zweifel übrig bleibt. D_2 und D_3 zeigen denselben Profilkontour wie bei A. alsaticum (Blainville Anthr. Pl. VII), der letztere schliesst unmittelbar an den erstern an.

Die Kronen der beiden Milchinzisiven haben eine schaufelförmige fast an Ruminantier erinnernde Gestalt mit abgeplatteter Medianseite und bogenförmigem Lateralrand.

Möglicherweise vermöchten uns einige Mandibularzähne von Hempstead (Wight), die sich im britischen Museum befinden, in der Frage nach dem Alter der Lignite von Monte Promina einen nützlichen Anhaltspunkt zu geben. Lydekker[23]) hat dieselben provisorisch auf Microbunodon (Anthracotherium) minus bezogen. Da sich aber das Genus Microbunodon sonst überall in einem Oligocänhorizont findet, der zweifellos beträchtlich jünger ist als die Hempsteadbeds, so hat diese Bestimmung wenig Wahrscheinlichkeit für sich und da Lydekker überdiess ausdrücklich beifügt, die fraglichen Zähne seien für M. minus etwas zu gross, liegt die Vermutung sehr nahe, dieselben möchten von A. dalmatinum herrühren.

Sollte sich diese Vermutung bestätigen, so wäre der Lignit von Monte Promina mit den Hempsteadbeds von Wight und weiterhin mit Ronzon, mit Lobsann, mit dem calcaire de Brie des Pariser Beckens zu parallelisieren.

Anthracotherium (?) Meneghinii n. sp.

Ich beschliesse diesen kritischen Rundgang mit einigen Bemerkungen über ein viel erwähntes Problematikum.

In den Tierlisten des miocänen Lignitgebietes der Provinz Grosseto (Monte Bamboli, Casteani, Monte Massi) figuriert seit Jahrzehnten ein Anthracotherium. Das Dokument, auf dem diese Angabe beruht, befindet sich im Museum von Pisa. Es ist ein Maxillarfragment mit M_2 nebst Spuren von M_1 und M_3 und stammt von Monte Massi. Die nebenstehende Figur desselben ist, unter Zuziehung einer Bleistiftskizze, nach einer Photographie hergestellt, welche Herr Dr. Fucini gütigst für mich hat aufnehmen lassen.[24])

Dass der erhaltene Zahn ein M_2 und weder, wie Major[25]) seinerzeit vermutet hat, ein D_1 noch ein M_1 ist, kann mit Bestimmtheit festgestellt werden. Einerseits lässt nämlich das noch vor-

---

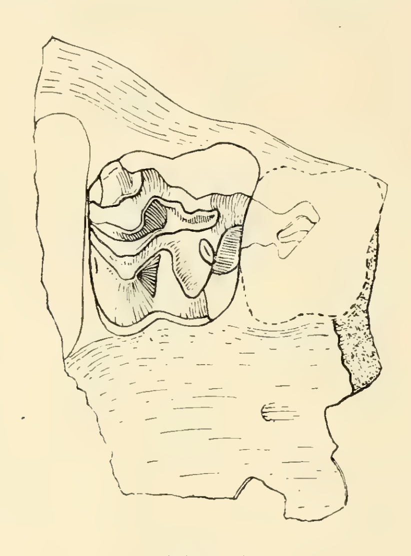
[23]) R. Lydekker, Catalogue of the Fossil Mammalia in the British Museum II, 1885, p. 242.

[24]) Herrn Prof. Canavari, der mir gestattet hat das Fossil zu untersuchen und Herrn Dr. Fucini spreche ich meinen verbindlichsten Dank für ihre Gefälligkeit aus.

[25]) C. J. Forsyth Major, La Faune des vertébrés de Monte Bamboli. Atti soc. it. sc. nat. XV 1873.

handene Rudiment eines vordern Nachbarn deutlich erkennen, dass derselbe eine molariforme Krone hatte, also jedenfalls kein D_2 war. Andererseits hat er selbst einen Grad der Usur erlangt, den M_1 an Kiefern, die noch Milchzähne tragen, niemals darbietet. Daraus ergibt sich mit Bestimmtheit, dass er ein M_2 ist und dass die Rudimente vor und hinter ihm auf M_1 und M_3 zu beziehen sind.

So interpretiert weist das Kieferfragment auf ein relativ kleines Tier hin. Mit Anthracotherium magnum, auf das es von



Figur 3.

Anthracotherium (?) Meneghinii n. spec. von Monte Massi (Prov. Grosseto). — Fragment der rechten Maxilla mit M_2 und Spuren von M_3 und M_1. — Original im Museum von Pisa. $\frac{1}{1}$.

Gastaldi[26]) bezogen worden ist, hat es bestimmt nichts zu tun. Auch für Formen wie A. alsaticum und monsvialense ist es zu schwach. Nur mit dem kleinsten bis jetzt bekannten europäischen Anthracotherium s. str., A. dalmatinum, lässt es sich seinen Dimensionen nach vergleichen. Die Steigerung des Kronenumfanges von M_1 zu M_3 scheint aber stärker gewesen zu sein als bei diesem. Auch gewisse schwer definierbare Abweichungen im Habitus scheinen mir nicht für Identität der Species zu sprechen.

---

[26]) B. Gastaldi, Lettera al presidente E. Cornalia. Atti soc. ital. sc. nat. II, 1861, p. 2.

Ich bin überhaupt nicht ganz überzeugt davon, dass das Fundstück von einem Anthracotherium s. str. herrührt. Leider ist das Mesostyle, das in dieser Frage entscheidend wäre, auch an dem einzigen einigermassen erhaltenen Zahne weggebrochen. Nach dem Verhalten des hintern Aussenhügels zu schliessen könnte es sehr wohl voluminöser und ausgehöhlter als bei Anthracotherium, also mehr wie bei Hyopotamus oder Brachyodus entwickelt gewesen sein.

Um allen weitern Konfusionen den Riegel zu stossen, scheint es mir ratsam, diesem Problematikum vorderhand einen besondern Namen „*Anthracotherium (?) Meneghinii*“ beizulegen.

Die Meinungen über das Alter der Grossetolignite sind bis in die neueste Zeit auseinandergegangen. Gastaldi hat dieselben seinerzeit, gestützt auf das angebliche Vorkommen von Anthracotherium magnum, mit denjenigen von Cadibona synchronisiert. Spätere Autoren haben bei ihren chronologischen Erwägungen mit Recht von diesem problematischen Anthracotheriden abstrahiert und sind, gestützt auf die übrige Fauna, zu wesentlich anderen Schlüssen gelangt. Forsyth Major (1873) hielt die „Fauna von Monte Bamboli“ für mittelmiocän, Gaudry für untermiocän, Weithofer[27]) war geneigt, sie dem untern Teil der pontischen Stufe zuzuweisen, in neuerer Zeit ist sie sogar gelegentlich als pliocän angesprochen worden. Ich halte die Ansicht Weithofers für die richtige. Direkt für dieselbe sprechen Sus choeroïdes, Hyaenarctos anthracites, Enhydriodon Campani. Antilope Haupti und gracillima verhalten sich allerdings odontologisch sehr viel progressiver als die Antilopen des europäischen Mittelmiocäns; aber sie sind auch zweifellos nicht von denselben abzuleiten. Ausserhalb Europa's müssen schon im Mittelmiocän Antilopenstämme von hypselodonter Tendenz existiert haben, darüber lässt die Fauna von Pikermi sowieso keinen Zweifel.

In der pontischen Stufe und neben Tieren wie Antilope gracillima nimmt sich der Kiefer von Anthracotherium (?) Meneghinii allerdings wie ein kompletter Anachronismus aus. Solange wir denselben nicht mit einer anderweitig gefundenen Spezies identifizieren können, wäre es indessen doch etwas voreilig, die durch die Autorität Meneghini's gedeckte Provenienzangabe in Zweifel zu ziehen.

---

[27]) A. Gaudry, Enchaînements etc., 1878, p. 5. — A. Weithofer, Ueber die tertiären Landsäugetiere Italiens. Jahrbuch k. k. Reichsanstalt XXXIX, 1889.

Eingegangen den 2. Juli 1910.

Eine neue Gattung der paludicolen Tricladen aus der Umgebung von Basel.

(Polycladodes alba n. g. n. sp.)

Von

P. Steinmann.

Die mir zur Beschreibung vorliegende neue Triclade weicht von allen bisher im Süsswasser gefundenen Arten so sehr ab, dass ich für sie ein neues Genus aufstellen muss. Ich benenne die Gattung nach ihrer merkwürdigen, an die im Meere lebenden Polycladen erinnernden Augenstellung *Polycladodes.* Das Tier lebt in grosser Individuenzahl bei Hüningen und Blotzheim im Oberelsass wo es hauptsächlich die Quellen bewohnt, aus denen die Fischzuchtanstalt Hüningen ihre Gewässer speist. Vereinzelt kommt es ausserdem in den Quellbächen des Hofes Michelfelden bei St. Ludwig, unweit der Schweizergrenze vor. Eine weitere Fundstelle konnte bis jetzt trotz eifrigem Suchen nicht nachgewiesen werden.

Herr *Dr. E. Gräter* entdeckte die neue Form im Jahre 1908. Er vermutete, es möchte sich um eine neue Gattung handeln und überliess mir freundlichst die nähere Untersuchung. Ihm verdanke ich auch die ersten lebenden Exemplare, die ich mit bestem Erfolg in der zoologischen Anstalt züchtete. Später brachten mir verschiedene Herren lebende Tiere von den genannten Fundorten, die ich in der Folgezeit auch zu verschiedenen entwicklungsphysiologischen Experimenten benutzte. Eine umfassende Schrift über diese Untersuchungen ist bereits im Druck. Ich beschränke mich daher an dieser Stelle auf eine kurze Kennzeichnung der Form, verbunden mit Erörterungen über die systematische Stellung und die Berechtigung der neuen Gattung sowie auf einige Bemerkungen über die Biologie, speziell über die Augenreduktion der Planarien. Herrn Prof. Dr. *L. Böhmig,* der meine Arbeit durch Ratschläge und durch Zusendung von Literatur freundlichst unterstützte, spreche ich hiermit den besten Dank aus.

Der Nachweis eines so auffallenden neuen Tieres in der nächsten Umgebung Basels ist umso bemerkenswerter, als ja auch *Fuhrmann*

(3) die Turbellarien des Gebietes eingehend studiert hat. Dieser Autor führt sogar unter den von ihm regelmässig besuchten Lokalitäten den Sumpf von Michelfelden an und hat auch die unweit davon gelegenen Gewässer von Neudorf untersucht. Wenn ihm trotzdem *Polycladodes* nicht zu Gesicht kam, so mag das wohl daran liegen, dass es sich um ein ausgesprochenes Quellentier handelt, das fast nur an den Stellen anzutreffen ist, wo das Wasser dem Boden entströmt, weiterhin aber nur noch ganz vereinzelt in kümmerlichen Exemplaren auftritt. Vielleicht liessen sich frühere Beobachter auch durch die grosse Aehnlichkeit mit *Dendrocoelum lacteum*[1]) täuschen.

Verwandtschaft.

In der Quelle der schwarzen Lauter bei Gutenberg fand *Enslin* (2) ein Exemplar von *Planaria cavatica Fries,* das sich vor den blinden Individuen der Art durch den Besitz von zahlreichen, sehr kleinen Augen auszeichnete. Die Untersuchung des Geschlechtsapparates liess keinen Zweifel übrig, dass es sich wirklich um eine *cavatica* handelte. Aus diesem Grunde kann jene schwäbische Form trotz ihrer vielen Augen nicht zum Genus *Polycladodes* gezogen werden.

Im Jahre 1858 beschreibt *Gerstfeld* (4) vieläugige Planarien aus dem Baikalsee. 14 Jahre später ergänzt und verbessert *Grube* (5) auf Grund neuen Materials in einer ausführlichen Arbeit die Befunde *Gerstfelds.* Er schlägt die Kreierung einer neuen Gattung *Sorocelis* für die vieläugigen Baikaltricladen vor, gibt jedoch keine weitere Diagnose des Genus.

In neuester Zeit hat *Sabussow* (6, 7) die fraglichen Baikalplanarien noch einmal einer gründlichen Revision unterzogen und dabei auch den inneren Bau berücksichtigt. Seine Untersuchungen führten ihn dazu, für *Sorocelis* eine neue Genusdiagnose aufzustellen. Da die betreffende russische Arbeit schwer erhältlich ist, reproduziere ich hier den *Sabussowschen* Wortlaut:

„Planaridae mit plattem und oft verlängertem Körper. Die Augen sind zahlreich und finden sich in einem Abstand vom Körperrande entweder als einfache Bogenreihen, indem die konvexe Bogenseite jeder Reihe nach aussen angewendet ist, oder als unregelmässige gegenseitig konvergierende Haufen. Am Vorderende diffe-

---

[1]) Nachdem *Böhmig* (Die Süsswasserfauna Deutschlands, Tricladida. G. Fischer 1909) eine neue, auch den Geschlechtsapparat berücksichtigende Definition der Gattung *Dendrocoelum* gegeben hat, erkenne ich selbstverständlich das Genus an und rechne ihm wie Böhmig auch meine „Planaria infernalis“ 1907 zu. Vergl. darüber 9 und 10, S. 180.

renzieren sich verschieden entwickelte Saugorgane. Bursa copulatrix (nach Hallez) oder das Drüsenorgan (nach Veydowsky) am meisten fehlt. Die Eicocons sind kugelrund."

Da *Sorocelis guttata* Gerstfeld im Gegensatz zu allen übrigen Arten der Gattung sogenannte muskulöse Drüsenorgane besitzt, spricht sich *Sabussow* selbst für Ausscheidung der Species aus der Gattung aus.

Es fragt sich nun, welche Stellung die neue Baslerplanarie gegenüber den für den Baikalsee charakteristischen *Sorocelisarten* einzunehmen hat. In erster Linie ist hervorzuheben, dass unsere Triclade ein muskulöses Drüsenorgan besitzt, wie es grösser und auffallender überhaupt noch bei keiner Planarie zur Beobachtung gekommen ist (vergl. Textfigur 2), dass sie sich ferner durch eine sehr langgestreckte Penisscheide auszeichnet, während bei allen *Sorocelis*spezies der Penis direkt im Atrium genitale liegt, und dass sie endlich keine Spur von Körperpigment aufweist, im Gegensatz zu den ziemlich stark pigmentierten Vergleichsformen aus dem Baikalsee.

Auf den letzten Punkt möchte ich nicht allzuviel Wert legen, da ja auch das Genus *Planaria* pigmentierte und unpigmentierte Arten enthält, während man Pigmentlosigkeit in die Genusdiagnose von *Dendrocoelum* (im *Böhmigschen* Sinn) aufnehmen könnte. Aus den erörterten Gründen halte ich es für angezeigt, eine neue Gattung aufzustellen, die ich folgendermassen definiere:

Polycladodes nov. genus.

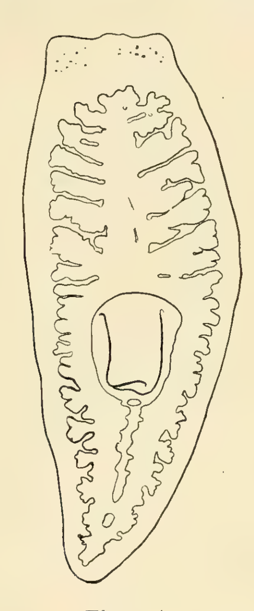
Körper länglich, abgeplattet. Kopflappen mit stumpfen Tentakeln. Haftgrube rundlich, sehr weit vorn, fast terminal. Zahlreiche, in zwei Gruppen verteilte Gehirnhofaugen. Copulationsorgan mit sehr grossem, ventralem, muskulösem Drüsenorgan und sehr langgestreckter Penisscheide.

Corpore ovato depresso. Parte cephalica tentaculis hebetibus. Sinu suctoriali rotundo, propre marginem frontalem sito, multis ocellis in duas partes dispositis. Apparatu copulationis praedito organo musculoso glanduloso maximo ventrali. Vagina penis (atrio masculino) longissima.

Polycladodes alba nov. gen. nov. spec.

Aeusseres (vergl. Fig. 1). Die Form zeigt grosse Aehnlichkeit mit *Dendrocoelum lacteum*. Sie ist milchweiss und kann eine beträchtliche Grösse erreichen, ohne jedoch der Maximalgrösse von

lactea jemals nahe zu kommen. Die meisten ausgewachsenen, geschlechtsreifen Exemplare sind 20—25 mm lang. Bei ruhigem Kriechen entspricht einer Länge von 23 mm eine grösste Breite von 3,5 mm. *Polycladodes alba* gehört also mit dem Verhältnis: Breite zu Länge wie 1 : 6,6 zu den relativ langen Planarien. Die seitlichen Ränder des Körpers laufen fast parallel und werden in der Ruhe leicht gefaltet. Der Kopf ist eher schmäler als der übrige Körper. Gegen das Hinterende zu nimmt der Körper ganz allmählich an Breite ab, so dass die Grenze zwischen Schwanz und Rumpf nicht bestimmt werden kann. Der Kopflappen erscheint quer ab-



Figur 1.

gestutzt und trägt jederseits einen plumpen breiten Tentakel, der am Rande etwas aufgehoben werden kann und nur geringe Beweglichkeit besitzt. Am Vorderrand, kaum merklich nach der Ventralseite verschoben, liegt eine kreisrunde Sauggrube mit schwach entwickelten Haftwülsten. Sie unterscheidet sich von den analogen Gebilden im Genus *Dendrocoelum* durch ihre fast terminale Lage, ihre Form und ihre histologische Beschaffenheit. Während am Stirnrand von *Dendrocoelum lacteum* die Halswülste sich durch eine Hervorwölbung bemerkbar machen und den medianen Teil des Kopflappens opak erscheinen lassen, ist das bei *Polycladodes* nicht der Fall, eine Eigentümlichkeit, auf Grund deren die beiden Formen durch einen aufmerksamen Beobachter äusserlich

unterschieden werden können. Da das Körperpigment völlig fehlt, haben die Würmer eine milchweisse Farbe. Die Ränder und das Kopfende sind meist fast durchscheinend. Bei manchen Exemplaren, besonders bei jugendlichen, schimmerte der Darm deutlich durch. Oft war er intensiv rot oder schwarz gefärbt. Dabei handelte es sich entweder um Darminhalt oder um gefärbte Einschlüsse der Darmzellen bei leerem Lumen. Aeusserlich sichtbar ist auch der weiss durchscheinende kleine Pharynx und das Copulationsorgan. Der Mund resp. der Eingang in die Rüsselhöhle ist vom Vorderende fast genau gleichweit entfernt wie vom Hinterende.[2]) Der Abstand des Genitalporus vom Kopfende ist ca. dreimal so gross als derjenige vom Hinterende. Daraus ergibt sich als brauchbarer Differenzialcharakter, dass der Pharynx viel weiter vorn liegt als bei *Dendrocoelum lacteum.*

Anatomisches. S a u g n a p f. Der kleine, runde, am lebenden und konservierten Tier meist deutliche Saugnapf zeichnet sich durch ein eingesenktes Epithel aus. Die muskulösen Elemente treten gegenüber dem drüsigen stark zurück. Die ganze Grube erscheint von Sekretpfröpfen austapeziert und der Raum zwischen Epithelplatten und zugehörigen Kernen wird von grossen Mengen körnigen, schwach färbbaren, im Ganzen erythrophilen Sekretes eingenommen. Ich glaube, dass es sich um erweiterte Sekretgänge handelt. Viel weniger auffallend sind die im Innern gelegenen Drüsen selbst, von denen ebenfalls erweiterte Gänge mit gestauten Sekretmassen ausgehen. Auffällig ist das Verhalten der cyanophilen Drüsengänge, die nicht im Grunde der Grube sondern an den Rändern ausmünden und die Grenze zwischen dem gewöhnlichen Körperepithel und den eingesenkten Zellen des Saugnapfes scharf markieren. Die Muskeln sind infolge der Sekretanhäufungen nicht überall deutlich zu sehen, am ehesten noch diagonale nach dem Körperinnern ziehende Fasern, denen die Aufgabe zukommt, den Grund der Grube zu vertiefen.

D a r m a p p a r a t. Die Zahl der verzweigten Darmdivertikel schwankt von Individuum zu Individuum und ist bei jungen Exemplaren sehr klein. Im allgemeinen kann folgendes Schema gelten:

15—24, 2 (9—15), 15—24.

Die vordersten Darmäste erstrecken sich niemals bis zum Kopf, sondern machen weiter hinten Halt, so dass der Kopf auch an frischgefütterten Individuen mehr oder weniger durchscheinend bleibt. Auffallend kurz ist der Pharynx. Seine Länge beträgt nur

[2]) In Figur 1, die nach einem unreifen, als Totalpräparat montierten Exemplar angefertigt ist, trifft das nicht zu.

etwa $^1/_7$ der Gesamtkörperlänge. Histologisch ist er durch die Mächtigkeit der innern Muskelschicht gekennzeichnet, die mehr als ein Drittel der Wandungsdicke ausmacht und aus mehreren, sich kreuzenden Ring- und Längemuskelschichten zusammengesetzt ist. Die Kerne der eingesenkten Epithelzellen der Lumenauskleidung finden sich zwischen den Muskellagen und zwar sowohl im proximalen Teile des Rüssels nächst der Wurzel, als auch in den distalen, der Lippe benachbarten Partieen. Die Mittelschicht des Pharynx lässt zwei von einander durch eine Nervenzone geschiedene Schichten von Drüsengängen erkennen, deren äussere sowohl cyanophile als erythrophile Gänge enthält, während die innere ausschliesslich cyanophile Sekrete führt. Die Darmzellen enthalten oft zahlreiche schwarze Körner, über deren Natur ich nichts auszusagen vermag.

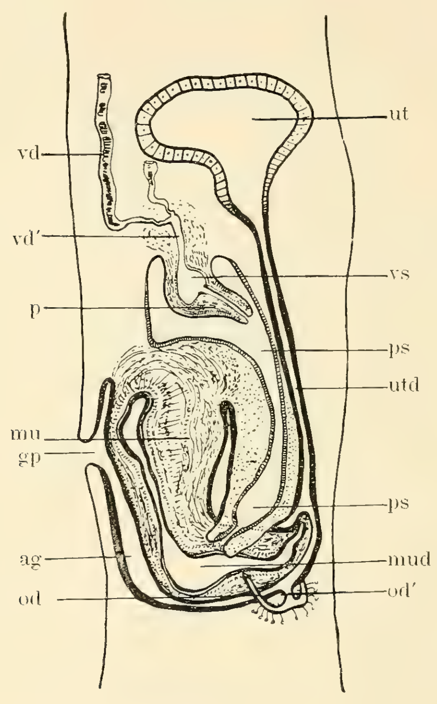
Augen. Die Augen sind bei *Polycladodes alba* in grösserer oder geringerer Zahl am Vorderende vorhanden. Sie zeigen eine an die Polycladen erinnernde Anordnung in zwei seitliche, über dem Gehirn gelegene Haufen. Im Einzelnen kann die Verteilung eine recht verschiedene sein, wie auch die Grösse der Augen in nicht unbedeutenden Grenzen wechselt. Selten sind in beiden Haufen gleich viel Augen enthalten. Die Zahl scheint mit dem Alter des Individuums zuzunehmen. Genaue Zählungen an verschiedenaltrigen Exemplaren ergaben beispielsweise

1.	links	8	Augen	rechts	5	Augen
2.	„	10	„	„	10	„
3.	„	13	„	„	14	„
4.	„	15	„	„	14	„
5.	„	15	„	„	19	„
6.	„	18	„	„	19	„
7.	„	22	„	„	18	„
8.	„	23	„	„	26	„
9.	„	32	„	„	37	„

Die kleinsten Augenpunkte scheinen nur aus einigen Pigmentkörnern zu bestehen. Bei manchen Exemplaren liessen sich sogar völlig isolierte Farbkörner im Mesenchym nachweisen. Bei andern jedoch war das Pigment auf organisierte Augen beschränkt. Histologisch liessen sich fast in allen Fällen Pigmentzellen unterscheiden, die mit feinsten Körnern prall gefüllt waren und deren Kern oft ganz verschwand. Wieviele Pigmentzellen zu einem Becher zusammentreten, oder ob überhaupt nur eine einzige Zelle Pigment führt, liess sich nicht entscheiden. Dagegen zeigte sich, dass die Zahl der im Becher vorhandenen Sehzellen oft eine nicht unbeträchtliche war. Auf einem Schnitt zählte ich nicht weniger als 10 solcher

Elemente, auf andern 8 und 9. Wie sich der Sehnerv zu diesen Augen verhält, konnte trotz Anwendung *Apathyscher* Goldmethoden nicht eruiert werden.

Geschlechtsapparat. Fig. 2. Die Hoden liegen in sehr grosser Zahl dicht gedrängt zu beiden Seiten der Medianlinie bis in die Schwanzgegend, jedoch nur ventral. Zwischen dem dritten und vierten Paar der vorderen Darmverzweigungen trifft man jederseits ein kugeliges Ovarium und zwar gleichfalls stark nach der Bauch-



Figur 2.

vd vas deferens — vd′ vas deferens impar — vs vesicula seminalis — p Penis — mu Muskulöses Drüsenorgan — mud Hohlraum des musk. Drüsenorgans — gp Genitalporus — ag Atrium genitale — od Oviductus — od′ Oviductus impar — ps Penisscheide — utd Uterusstiel — ut Uterus.

seite zu verschoben. Demgemäss verlaufen auch die Ausführgänge, Vasa deferentia und Ovidukte ventral. Erstere werden in der Pharynxgegend deutlich, sie konvergieren etwas weiter hinten und nehmen gleichzeitig eine ventrodorsale Richtung. Dann münden sie, ohne zu verschmelzen, in einen weiten Gang ein, der als Vas deferens impar angesprochen werden muss. Durch

diesen gelangt das Sperma in den freien Penis und zwar zuerst in eine kugelige Erweiterung, die Vesicula seminalis, aus welcher ein Ductus ejaculatorius nach aussen führt. Zwischen Vesicula und Ductus zeigt sich auf manchen Schnitten ein ringförmiger Wulst, der vielleicht dem Flagellum der Gattung *Dendrocoelum* homolog ist. Der Penis wird von einem Atrium masculinum umgeben, das sich zu der langgestreckten Penisscheide verengert. (Ich möchte im Gegensatz zu *Böhmig* den Ausdruck Penisscheide nur für den verengerten Abschnitt gebrauchen und nicht im gleichen Sinn anwenden wie „Atrium masculinum".) Die Lage dieses gewöhnlich sehr engen Ganges ist im ganzen eine dorsale. Stellenweise nähert er sich dem Ausführgang des Uterus sehr stark, bleibt aber mehr rechts, während der Uterusstiel von der Medianlinie merklich nach links verschoben ist. Kurz vor ihrer Einmühung ins Atrium genitale vertauschen jedoch die beiden Gänge ihre Lage; sie kreuzen sich, so dass der Uterusstiel rechts, die Penisscheide links sich öffnet. Beide erscheinen auf einigen Präparaten in ihrem letzten Abschnitt sackartig erweitert.

Der Uterus (= gestielter Drüsensack = Receptaculum seminis) hat die Gestalt einer Birne und besitzt ein mehr oder weniger gefaltetes Drüsenepithel. In einzelnen Fällen enthielt er ein schwach färbbares Sekret.

Der Uterusstiel zeigt die bekannte Histologie. Er ist stellenweise eng, auf Querschnitten halbmondförmig.

Kurz vor seiner Einmündung ins Atrium nimmt er die Ovidukte auf. Letztere verlaufen zunächst von den Ovarien bis in die Gegend des Penis ventral, steigen dann gegen die Dorsalseite auf, während sie sich gleichzeitig mit Drüsen umgeben. Nun umgreifen sie jederseits das Atrium, streben sich gegenseitig zu, vereinigen sich und münden gemeinsam als Oviductus impar in den untersten Teil des Uterusstieles, der an jener Stelle schon fast Atrium genannt werden dürfte.

Ueber die Dotterstöcke ist nichts besonderes zu berichten.

Viel auffälliger als alle übrigen Teile des Kopulationsapparates ist das riesige muskulöse Drüsenorgan, das an Grösse den Penis bei weitem übertrifft. Es erstreckt sich, fast das ganze Atrium genitale einnehmend, und trotzdem noch zusammengekrümmt, vom Penis bis in die Uterusmündung. Ueber seine Histologie folgende Bemerkungen: Die Umkleidung fällt einem niedrigen kernhaltigen Epithel zu. Nach innen schliessen sich an: eine Muskelschicht, die vorwiegend aus Längsmuskeln aufgebaut ist und dann eine Schicht von Drüsen, deren cyanophile Sekrete mittelst interzellulären Gängen nach dem Lumen geführt werden. Sie haben auf

ihrem Weg abermals eine Muskelschicht zu passieren, deren Elemente ringförmig angeordnet sind. Dann folgt eine Schicht von eigentümlichen Fasern, die ebenfalls ringförmig verlaufen, sich aber von denen der vorigen Lage dadurch auszeichnen, dass sie sich kaum färben und deshalb gegenüber den anliegenden Geweben scharf kontrastieren. Ich vermute, dass es sich um Bindegewebe handelt. Zwischen den Fasern liegen ausgestreut sehr dunkle und daher nicht näher definierbare Zellen von spindeliger Form. Endlich schliesst sich abermals eine Epithelschicht an, welche im hintersten, kugeligen Teil des blindendigenden Lumens ganz niedrig ist, während sie weiter vorn, und speziell im Ausführgang hoch wird, dicht gedrängte Kerne aufweist und drüsigen Charakter annimmt. Auf einem Präparat zeigten sich die einzelnen Zellen des Drüsenepithels stark gelockert, waren ganz mit Sekreten erfüllt und machten den Eindruck, als wollten sie sich in toto loslösen.

Ueber die Aufgabe des Organs lässt sich auch nach diesen Feststellungen nichts Bestimmtes sagen. Ich werde suchen, zwei Exemplare in Kopulation zu fixieren, um endlich einmal die Funktion des muskulösen Drüsenapparates feststellen zu können. Jedenfalls eignet sich für eine derartige Untersuchung Polycladodes in ganz besonderem Masse, wegen der gewaltigen Dimensionen, die das Organ bei ihr annimmt. Bemerken will ich noch, dass die Spitze des muskulösen Drüsenapparates in allen Fällen gegen das Innere des Atriums gekrümmt war, einige Mal sogar in den Anfangsteil des Uterus hineinragte.

Biologie.

Polycladodes alba ist ein Kaltwassertier, das nur in den Quellen lebt. Auffälligerweise ist sie aber im Laboratorium gar nicht schwer an höhere Temperaturen zu gewöhnen. Sie nimmt mit wenig Wasser vorlieb und verlangt nicht einmal häufige Erneuerung. Ich hielt zahlreiche Exemplare über 5 Monate lang in einem offenen Gefäss, ohne das Wasser zu wechseln. Uebrigens scheint diese Art von Lebensbedingungen auch andern Planarien zuzusagen, hielt ich doch die sonst so empfindliche *Planaria alpina* monatelange in ähnlicher Weise bei Temperaturen, die sie im Freien, oder frisch eingefangen, kaum ertragen könnte.

Die Ernährung ist carnivor. Besonders scheinen es die Würmer auf Gammariden abgesehen zu haben: Die Cocons sind ungestielt und nicht leicht zu finden. Sehr gross ist das Hungervermögen. Eine Kolonie von ca. 20 Exemplaren hielt sich ohne jede Fütterung 6 Monate. Nach dieser Zeit war zwar eine entsprechende Re-

duktion der Körpergrösse eingetreten, ohne dass jedoch die Beweglichkeit verringert worden wäre. Die Reduktion des Augenpigmentes hielt mit der allgemeinen Verkleinerung nicht stand, so dass der Kopf der Hungerexemplare mit grossen Augen dicht übersäet war.

Schultz (8) hat an *Dendrocoelum lacteum* einen Schwund der Augen als Folge des Hungers beobachtet. Er beschreibt auch den Vorgang, der durch Teilung der Augen eingeleitet wurde. Augenzahl und Augenstellung können bei *Polycladodes* nicht in ähnlicher Weise erklärt werden, da von einem Hungerzustand in den reichbelebten Quellen nicht gesprochen werden kann. Immerhin machen einzelne Augen oft den Eindruck, als seien sie in Rückbildung begriffen.

Womit das zusammenhängt, ist mir fraglich. Auch *Enslin* (2) betrachtet die von ihm beobachtete Vieläugigkeit als einen Zustand der Auflösung und Rückbildung. Er stützt sich dabei auf den Befund, dass in den Einzelaugen die Sehzellen nach Zahl und Gestalt reduziert erscheinen.

Bei *Polycladodes* sind die einzelnen Augen, abgesehen von gelegentlichen Rückbildungsprodukten, die vielleicht auch als noch unfertige Augen gedeutet werden müssen, wohl entwickelt. Der Pigmentbecher erscheint normal geformt und weder Zahl noch Gestalt der Sehzellen weisen Anzeichen der Reduktion auf. Da ich nun ausserdem die Beobachtung machte, dass ganz junge, aus dem Cocon heraus präparierte Individuen augenlos sind und später zur Zeit der Geburt sogleich zahlreiche Augen aufweisen, da ferner der abgeschnittene Kopf in kurzer Zeit mit der früheren Augenstellung regeneriert wird, halte ich mich zu der Annahme berechtigt, dass *Polycladodes primär vieläugig ist.*

Von Atavismus möchte ich nicht sprechen, trotzdem das regelmässige Auftreten von „Gehirnhofaugen“ bei den Polycladen zu einer solchen Auffassung verleiten könnte. Jedoch möchte ich betonen, dass die Augenvielzahl und Augenstellung trotz ihrer Variabilität für die Gattung charakteristisch ist und daher in die Genusdiagnose mit hineingehört. (S. o.) Dasselbe gilt wohl für den Sehapparat der Baikalformen des Genus *Sorocelis.*

Literaturverzeichnis.

1. *Böhmig, L.* Tricladida. In: Die Süsswasserfauna Deutschlands. Eine Exkursionsfauna. Brauer. Heft 19, S. 143—176.
2. *Enslin, E.* Dendrocoelum cavaticum Fries. Jahresber. Ver. für vaterl. Naturk. Württemberg. Bd. LXII 1906, S. 312—360.
3. *Fuhrmann, O.* Die Turbellarien der Umgebung von Basel. Revue suisse de zoologie II, 1894.
4. *Gerstfeldt.* Ueber einige zum Theil neue Arten Platoden, Anneliden, Myriapoden und Crustaceen Sibiriens. Memoires des Savants étrangers der Petersb. Akademie 1858. VIII, p. 261.
5. *Grube, E.* Beschreibungen von Planarien des Baikalsees. Arch. für Naturgesch. 38, H. 3 u. 4. 1872, S. 276.
6. *Sabussow, H.* Tricladenstudien IV. Erster vorläufiger Bericht über die von Herrn W. Garjajew im Baikalsee gesammelten Planarien. Mit einer Tafel. Arb. Kas. Naturf. Ges. 1903, XXXVI.
7. *Sabussow, H.* Tricladenstudien V. Zweiter vorläufiger Bericht über die von Herrn W. Garjajew im Baikalsee gesammelten Planarien. Arb. Kas. Naturf. Ges. 1903, S. 26—28, XXXVII. (Resumé.)
8. *Schultz, Eug.* Ueber Reduktionen I. Ueber Hungererscheinungen bei Planaria lactea. Arch. f. Entwicklungsmech. 18, 1904, S. 555—577.
9. *Steinmann, P.* und *Gräter, E.* Beiträge zur Kenntnis der schweizer. Höhlenfauna I. Ueber eine neue blinde Planarie. Zool. Anz. XXXI, 1907.
10. *Steinmann, T.* Untersuchungen an neuen Tricladen. Ztschr. für wiss. Zool. XCIII, 2, 1909.

Eingegangen 9. Mai 1910.

Die Wanderblöcke auf Kastelhöhe.

Von

Dr. A. Gutzwiller.



Phot. Dr. F. Hinden.

Figur 1.

Unmittelbar südwestlich von Grellingen (an der Eisenbahnlinie Basel-Delsberg) erhebt sich am rechten Ufer der Birs der *Kastelberg* (siehe Figur 2), dessen höchster Punkt 597 m erreicht. (Siehe Nordostecke des Blattes 96 Siegfriedatlas.) Steil abfallend nach Norden und Osten, neigt sich sein tafelförmiger Rücken, meist Aecker und Wiesen tragend (siehe Figur 3), gegen Westen, nach dem im Sommer viel begangenen, tief eingeschnittenen, romantischen Kaltbrunnental. Besonders der nördliche flacher liegende Teil ist stark bebaut; er trägt den Namen *Kastelhöhe*. Südlich davon liegen die Häuser von Kastel und Stäffen (auf der Karte Stoffen), tiefer unten die von Kastelweid und Schindelboden. Sie gehören sämtlich zur Gemeinde Himmelried, Kanton Solothurn.

Auf dem Kulturland von Kastelhöhe, dessen Untergrund wesentlich aus dem harten Felsen des untern Malm, dem Rauracien gebildet wird, liegen teils von Ackererde bedeckt, teils aus derselben hervorragend, grosse gerundete Blöcke. Da dieselben der Bewirtschaftung des Bodens sehr hinderlich sind, werden sie nach und nach entfernt und mit vielen kleinern Steinen in Haufen zusammengetragen (Lesesteine). Die grossen blockartigen Stücke finden seit langer Zeit Verwendung zu Bauzwecken, besonders zur Herstellung von Pflastersteinen, so dass die zusammengetragenen Haufen heute nur aus kleinern und mittelgrossen Stücken bestehen.

Als ich im April 1906 in Begleitung von Herrn Dr. H. Stehlin zum erstenmal die Kastelhöhe betrat, waren kurz zuvor auf einem Grundstück zahlreiche solcher Blöcke ausgegraben worden. Aus einiger Entfernung glaubte man eine Schafherde dort lagern zu sehen, in der Nähe dachte man im ersten Augenblick an eine zerstreute Blockmoräne. Die Blöcke wurden bald weggeführt, um zu dem oben erwähnten Zwecke verarbeitet zu werden.

Diese grossen wohlgerundeten Blöcke sind durch fliessendes Wasser an Ort und Stelle transportiert worden, ein Gletschertransport ist ausgeschlossen. Sie sind somit als Gerölle zu bezeichnen, ebenso wie die sie begleitenden zahlreichen kleinern Stücke, die mit den grossen in einem tonig sandigen Lehm (Relikt der gesamten Juranagelfluh) eingebettet sind. Die Dimensionen der jetzt noch vorhandenen grössern Blöcke erreichen 1 m; 0,5 m; 0,35 m oder 0,8 m; 0,4 m; 0,4 m etc. Sie sind also 300 bis 400 kg schwer. Gewiss ein ganz ansehnliches Gewicht für Flussgerölle! Weitaus die Mehrzahl dieser grossen Gerölle besteht aus Buntsandstein. Sie können also nicht aus dem Jura selbst stammen; den zunächst anstehenden Buntsandstein treffen wir in den Vogesen und im Schwarzwald.

Gerölle gleicher Art finden wir in der sogenannten Juranagelfluh, die als ein Schotter während der Tertiärzeit, speziell zur Zeit des obern Mittelmiocän (Tortonien) abgelagert wurde. Zu jener Zeit war der Jura noch nicht gefaltet und die Bodengestaltung somit eine ganz andere als heute.

Von keiner andern Stelle anstehender Juranagelfluh sind so grosse, und auf einem verhältnismässig so kleinen Gebiet, so zahlreiche blockartige Gerölle bekannt, wie von Kastelhöhe. Es wurde daher der Wunsch geäussert, es möchten eine Anzahl der noch vorhandenen grössern Blöcke vor der Zerstörung geschützt werden.

Zu diesem Zwecke wandten sich die Herren Dr. H. Stehlin, Dr. E. Greppin und Dr. A. Gutzwiller mit einem Schreiben an den Präsidenten der Schweizerischen Naturschutzkommission, Herrn Dr.

P. Sarasin, der dasselbe an den Präsidenten der Solothurner Naturschutzkommission weiter leitete. Die gepflogenen Unterhandlungen (siehe Jahresbericht der Schweizerischen Naturschutzkommission l. c.) führten bald zu einem erfreulichen Resultat.

Seit Herbst 1909 erhebt sich auf Kastelhöhe ein Denkmal, aufgeschichtet aus ca. 80 blockartigen Geröllen, nebst einer Anzahl kleinerer Stücke, bestehend aus Buntsandstein, einigen Süsswasserkiesel und Quarzporphyrbreccien. Das Ganze ist mit einer eisernen Einfriedung von 3,5 m Länge, 1,4 m Breite und 0,9 m Höhe (auf der Vorderseite gemessen), sowie einer Tafel versehen, welche sagt, dass der Blockhaufen Eigentum der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft ist. (Siehe Figur 1.)

Woher stammen diese gewaltigen Gerölle, die als Wanderblöcke getauft wurden, da ihre Gesteinsart unserm Lande fremd ist und sie darum eingewandert sein müssen? Woher kam der Strom, der dieselben an ihren jetzigen Ort, hoch über dem Talboden daherführte?

Um diese Fragen zu beantworten, müssen wir die Herkunft der Juranagelfluh, speziell derjenigen des Laufenbeckens, von welchem Kastelhöhe den Ostrand bildet, zu ermitteln suchen.

Es ist unzweifelhaft, dass die grossen Gerölle auf Kastelhöhe nur Relikte, d. h. Ueberreste einer ehemals ziemlich mächtigen Schotterablagerung sind, welche einst als ausgedehnte Decke das jetzt bergige und hügelige Gelände überlagerte. Im Laufe langer Zeiträume sind die Gerölle zum grossen Teil der Verwitterung und der Abspülung anheimgefallen, besonders an Stellen, die wie Kastelhöhe infolge Dislokationen und tiefgehender Erosion zu mehr oder weniger steil geneigten und hoch gelegenen Flächen wurden. (Siehe Figur 3.) Die kleinern Gerölle fielen rascher der Zerstörung anheim als die grossen; diese reicherten sich mit der an Mächtigkeit abnehmenden Gerölldecke mehr und mehr an und erscheinen als Relikte heute häufiger als in der ursprünglichen Geröllmasse.

Die *Juranagelfluh des Laufenbeckens* findet sich heute in mehr oder weniger deutlichen Aufschlüssen, besonders auf den Anhöhen östlich und oberhalb Breitenbach bei Karhollen, wo sie in zwei Kiesgruben abgebaut wird; ferner zwischen Fehren und Steinbühl an der Strasse nach Meltingen, sowie nördlich der Mühle nördlich von Meltingen (Blatt 97) an der Strasse nach Rodris. Auch am Westabhang des Kastelberges bei Schindelboden und Kastelweid, scheint, von Ackererde bedeckt, noch eine dünne Decke zu liegen, wie dort liegende Haufen von Lesesteinen anzeigen. Mit dieser hing offenbar der Rest auf Kastelhöhe mit den grossen Blöcken direkt

zusammen, wie dieser letztere dann wieder mit einem östlich von Kastelhöhe und nördlich von Himmelried auf Stollenweid (Blatt 97) liegenden Rest zusammenhing.

Ausser an den genannten Lokalitäten, findet sich die Juranagelfluh auch ausserhalb dem Laufenbecken weit im Süden von Breitenbach bei Girlend, zwischen Erschwil und Beinwil (Blatt 98) am rechten Ufer der Lüssel. Und noch weiter südlich am Matzendorfer Stierenberg, sowie auch im Norden von Kastelhöhe und Nenzlingen, auf dem Rücken des Eggberges finden sich schwache Ueberreste (Bundsandsteine und Quarzite) derselben Juranagelfluh.[1])

Den besten Einblick in die Beschaffenheit der Juranagelfluh des Tertiärbeckens von Laufen gewähren die beiden obgenannten Kiesgruben östlich von Breitenbach im Walde von Karhollen, die eine auf 450 m, die andere nördlich von dieser auf 480 m.

Die gesamte Geröllmasse[2]), 4 bis 5 m hoch aufgeschlossen, liegt hier ohne Ueberlagerung durch anderes Gestein als Humus und Lösslehm, auf der oberoligocänen Molasse alsacienne und fällt mässig stark, 10—15^0, nach Westen ein. Das Bindemittel, infolge Zersetzung meist tonigsandig, ist bald reichlich, bald spärlich zwischen die Gerölle eingelagert. Letztere sind an einzelnen Stellen fest, an andern nur lose miteinander verbunden; ihre Grösse schwankt zwischen Erbsen- bis über Kopfgrösse; im Mittel sind sie ei- bis faustgross. Die grössern erreichen 0,4 bis 0,6 m grössten Durchmesser. Solche grosse Gerölle sind nur selten an der angeschnittenen Wand der Grube zu sehen. Sie werden bei Seite gelegt und haben sich im Laufe der Jahre zu einem ansehnlichen Haufen angereichert, bis sie zur Beschotterung der Strassen zerschlagen werden. Die Kalkgerölle zeigen häufig schöne Eindrücke, wie sie von andern Orten in ähnlichen Ablagerungen bekannt sind. (Schaad. l. c.) *Die Lage der Gerölle weist deutlich auf eine Strömung von Norden nach Süden,* nur an einzelnen Stellen ist sie eine wirre, regellose.

Den hervorragendsten Anteil (50 $^0/_0$ und mehr) an der Zusammensetzung der Juranagelfluh des Laufenbeckens nehmen die Gerölle des Hauptmuschelkalkes. Sie sind meist ei- bis faustgross und erreichen selten eine bedeutende Grösse; ihre Farbe ist die typische rauchgraue, doch hin und wieder sind sie hellgrau oder

[1]) Die bei Klein-Blauen am Nordrand des Laufenbeckens vorkommende Geröllablagerung gehört nicht zur sog. Juranagelfluh. Sie ist eine mitteloligocäne, tongrische, marine Küstenbildung.

[2]) Da es sich in dieser Arbeit nicht um eine Monographie der Nagelfluh des Laufenbeckens, sondern nur um die Herkunft der Wanderblöcke, bezw. der Nagelfluh handelt, so sollen auch nur die wichtigsten Erscheinungen hervorgehoben werden.

schwach rötlich bis violett gefärbt. Die rötliche Färbung, wie sie sich besonders auch an Jurakalkgeröllen zeigt, mag eine sekundäre Erscheinung sein (Schaad. l. c.). Nicht selten finden sich Gerölle reich an Stielgliedern von Crinoiden und andern Fossilien (Trochitenkalk), meist ist das Gefüge dicht, der Bruch flachmuschelig, glatt. Auch die im Muschelkalk vorkommenden Hornsteine fehlen nicht, meist sind sie stumpfkantig, während die Kalkgerölle stets gut gerundet sind.

Die Heimat dieser Muschelkalkgerölle ist ausserhalb des Juragebietes zu suchen. Der Jura war zur Zeit der Ablagerung der Juranagelfluh noch nicht gefaltet; letztere ruht mit den darunter liegenden Tertiärbildungen konkordant auf den Sedimenten der Juraformation. Der Muschelkalk des Juragebietes lag damals noch tief unter der Sedimentdecke der Juraformation und konnte darum kein Gesteinsmaterial liefern. Die Muschelkalkgerölle können nur vom Schwarzwald oder den Vogesen stammen, wo infolge vorausgegangener Dislokationen die auf dem Grundgebirge liegende Sedimentdecke bis auf den Buntsandstein und noch tiefer erodiert war.

Neben den Geröllen des Hauptmuschelkalkes erscheinen die *Jurakalkgerölle* sehr zahlreich, ihre Menge mag 30—40 $^0/_0$ der Gesamtmasse betragen. Die Mehrzahl entstammt dem Dogger und Malm, speziell dem Hauptrogenstein und dem Sequan der westlichen Facies (Berner Jura); von der aargauischen Facies fand sich kein Stück. In gleicher Ausbildung wie im Berner Jura findet sich aber auch der Jura am Südwestrand des Schwarzwaldes, bei Istein und im Tal der Kander.

Die Jurakalkgerölle können also auch vom Schwarzwald stammen; die meist gute Rundung deutet auf einen längern Transport.

Die Juranagelfluh von Breitenbach und der übrigen Lokalitäten des Laufenbeckens enthält *keine* alpinen Kalke, wie ich irrtümlicherweise in meinem Beitrag zur Kenntnis der Tertiärbildungen in der Umgebung von Basel Seite 229 mitteilte.

Wenn Muschelkalk- und Jurakalkgerölle weitaus den Hauptanteil (80—90 $^0/_0$) an der Zusammensetzung der Juranagelfluh nehmen, so sind doch Gerölle anderer Gesteinsarten, besonders zur Bestimmung der Herkunft nicht minder wichtig, ja noch wichtiger.

Da sind in erster Linie hervorzuheben die *Buntsandsteingerölle.* Wenn auch nicht gross an Zahl (höchstens 10 $^0/_0$) so sind sie doch auffallend durch ihre bedeutende Grösse, die bei einzelnen Exemplaren in der einen Dimension bis 1 m erreicht. Sie zeigen selten mehr die ursprünglich rote Färbung, meistens sind sie durch und durch gebleicht, mit brauner Rinde bedeckt. Die kleinern Gerölle

sind infolge Verwitterung oft recht mürbe geworden, die grossen Stücke jedoch hart, so dass sie zur Benützung als Pflastersteine sich noch eignen. Das Korn ist mittelgrob bis grob, hin und wieder zeigen sich erbsengrosse bis haselnussgrosse Geschiebchen von Quarzit, zu denen bis eigrosse Gerölle hinzutreten, wie sie der mittlere Buntsandstein zeigt. Auch grössere Konglomeratstücke mit hartem Bindemittel zwischen den weissen und rötlichen Quarzitgeröllen finden sich nicht selten.[3]) Letztere, die Quarzitgerölle, finden sich auch lose und vereinzelt unter den übrigen Geröllen. Diese Konglomeratstücke entstammen zweifellos dem sogenannten Hauptkonglomerat, das die Decke des mittlern Buntsandstein bildet.

Der mittlere Buntsandstein mit seinem Hauptkonglomerat ist besonders in den Vogesen gut entwickelt. Im südlichen Schwarzwald ist wohl der Buntsandstein, doch das Konglomerat kaum ausgebildet. Nun finden sich aber am Nordfuss des Blauen, auf den Höhen südlich Kandern (Heuberg), neben zahlreichen grossen Buntsandsteingeröllen auch solche vom Hauptkonglomerat recht häufig, so dass man annehmen muss (siehe Pfaff. l. c.), dass zur Zeit der Ablagerung jener Gerölle und der sie begleitenden Tone, der mittlere Buntsandstein mit dem Konglomerat das Schwarzwaldgebirge noch bedeckte. Nach Pfaff ist die Geröllablagerung eine pliocäne glaciale Bildung; um so mehr dürfen wir annehmen, dass zur Zeit der Ablagerung der Juranagelfluh, also in viel früherer Zeit, der Buntsandstein mit dem Hauptkonglomerat über dem südlichen Schwarzwaldgebirge eine Decke bildete.

Die Gerölle des Hauptkonglomerates *zwingen uns daher nicht,* die Juranagelfluh von den Vogesen herzuleiten.

Die sogenannten *krystallinen Gesteine* der Juranagelfluh des Laufenbeckens sind meist vollständig verwittert und scheinen daher seltener vorzukommen als es in Wirklichkeit der Fall ist. Einigermassen gut erhaltene Stücke lassen erkennen, dass sie vorzugsweise Graniten und Quarzporphyren angehören, wie sie im Schwarzwald vorkommen; so z. B. ein Biotitgranit, wie er am Blauen in der Nähe von Kandern ansteht.

Eigentümlich für unsere Nagelfluh sind gewisse aus den Trümmern von Eruptivgesteinen zusammengesetzte *Quarzporphyrtuff-* oder *Quarzporphyrbreccien* ähnliche Gesteine, wesentlich aus Feldspath, Quarz und rötlichbraunen bis bläulichgrauen, gerundeten bis stumpfkantigen Quarzporphyrstückchen mit sehr dichter Grundmasse zusammengesetzt. Diese Quarzporphyrbreccien sind sehr hart, erreichen oft Kopfgrösse und sind selten gut gerundet, sondern meist

---

[3]) Im Blockhaufen, Fig. 1, sind einzelne leicht zu erkennen.

stumpfkantig. Aehnliches Gestein findet sich am Südrand des Schwarzwaldes, dem Rotliegenden angehörend. Doch ist das dort anstehende Gestein (Burgwald zwischen Kehrengraben und Sattelhof bei Raitbach) weniger hart, reich an einem dichten roten Bindemittel und es fehlen ihm die erwähnten Quarzporphyrstückchen. Aehnliches Gestein findet sich auch in der Juranagelfluh des Basler Tafeljura (Schaad l. c.), doch gleicht dasselbe mehr dem jetzt am Südrand des Schwarzwaldes anstehenden, als dasjenige der Nagelfluh des Laufenbeckens. Am Blauen sollen Gänge von Quarzporphyr vorkommen, identisch mit demjenigen als kleine Stücke in der Breccie eingeschlossenen. (Gefl. Mitteilung von Herrn Dr. Schnarrenberger.) Es ist wohl anzunehmen, dass diese Quarzporphyrbreccie im Rotliegenden des Schwarzwaldes einst vorhanden war und nun der Denudation anheimgefallen ist, ähnlich wie das Hauptkonglomerat des Buntsandsteines.

In den Süd-Vogesen soll ähnliches Gestein vorkommen. Leider fehlt mir von dort Vergleichsmaterial. Doch können diese Quarzporphyrbreccien kaum von den Vogesen stammen, da in *gleichalterigen* zweifellos von den Vogesen stammenden Geröllablagerungen des Bois de Raube, westlich von Delsberg, gleiches Gestein fehlt.

Die Quarzporphyrbreccien des Rotliegenden in der Juranagelfluh des Laufenbeckens stammen also mit grosser Wahrscheinlichkeit vom Schwarzwald.

Als letzte und wichtigste Bestandteile der Juranagelfluh, die uns über ihre Herkunft Aufschluss geben können, erwähnen wir tertiäre Süsswasserkiesel. Sie sind wenig zahlreich (ca. 1 $^0/_0$), kaum gerundet, stumpfartig, von Faust- bis über Kopfgrösse, gelblichgrau bis rötlich gefärbt, meist dicht mit weisser Verwitterungsrinde, nicht selten auch porös löcherig, mit flachmuscheligem bis splitterigem Bruch. Sie enthalten Planorben (P. cornu) und Limneen, selten Helix (rugulosa).[4])

Diese Süsswasserkiesel finden sich in der Umgebung von Basel (siehe Gutzwiller Beitrag l. c.), im Süsswasserkalk von Tüllingen (Delémontien), besonders aber in blaugrauen Tonen und Mergeln des Bruderholzes (Therwil), die Molasse alsacienne überlagernd. Im Laufenbecken scheinen die Süsswasserkiesel zu fehlen; sie werden in der Literatur nicht erwähnt. Die auf den Feldern von Brislach und Breitenbach herumliegenden Stücke stammen zweifellos aus der Juranagelfluh; diese ruht dort direkt auf der Molasse alsacienne

---

[4]) Infolge ihrer grossen Widerstandsfähigkeit gegen die Verwitterung finden sie sich zahlreich als Splitter und kleinere Stücke im Kulturboden der Kastelhöhe.

und das über dieser liegende Delémontien fehlt. Die Süsswasserkiesel fehlen der Juranagelfluh des Basler Tafeljura, Schaad erwähnt sie nicht und ich habe sie dort auch nie gesehen. Es fehlt aber auch das Delémontien am Südrand des Schwarzwaldes östlich der Flexur und östlich dem Rheintalgraben. Die Süsswasserkiesel fehlen auch westlich vom Laufenbecken, sowohl im Delémontien, als in den Geröllablagerungen gleichen Alters wie die Juranagelfluh; im Bois de Raube sucht man umsonst nach ihnen.

Die *Süsswasserkiesel* weisen also für die Juranagelfluh des Laufenbeckens auf eine Strömung, die sich *direkt in nordsüdlicher Richtung* bewegt haben muss.

Fassen wir die gewonnenen Resultate zusammen, so spricht keine Tatsache gegen eine nördliche Herkunft der Juranagelfluh des Laufenbeckens. Zwei Erscheinungen *zwingen* uns, eine Herkunft von Norden, vom Schwarzwald, anzunehmen; nämlich die Lagerung der Gerölle, die deutlich auf eine von Norden herkommende Strömung hinweist, und die Süsswasserkiesel. Für die Annahme einer Herkunft von Norden und nicht von Westen spricht weiter der Umstand, dass gleichalterige Geröllablagerungen im Westen des Laufenbeckens wie die schon erwähnten vom Bois de Raube (Rollier l. c. pag. 134) andere Gesteinsarten aufweisen, als diejenigen vom Laufenbecken. Dass die Gerölle vom Bois de Raube von den Vogesen abstammen, ist schon längst erkannt worden. Wären diejenigen der Juranagelfluh des Laufenbeckens gleicher Herkunft, wie man seit langer Zeit irrtümlicherweise annahm,[5]) so müsste die Zusammensetzung beider Ablagerungen wohl nahezu dieselbe sein. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Einzig im Buntsandstein und Hauptkonglomerat stimmen beide überein. Die vielen Kalkgerölle (Muschelkalk und Jura) fehlen dem Bois de Raube fast ganz, dafür besitzt dasselbe Grauwacken und überhaupt carbonische Gesteine, Porphyre und Porphyrite, die im Laufenbecken nicht vorkommen.

Unsere Juranagelfluh des Laufenbeckens stammt also vom südlichen Schwarzwald. Wir kommen zu demselben Resultat, zu welchem Schaad (l. c.) für die analogen Ablagerungen des Basler Tafeljura, des Aargauer Jura, des Hegau, des Randen etc. gelangt ist.

Vor Schaad's eingehenden Untersuchungen glaubte man, dass die Juranagelfluh der genannten Gebiete, samt derjenigen des

[5]) *J. B. Greppin:* Les galets vosgiens l. c. sagt zwar, dass die Gerölle vom Tal von Laufen vom Schwarzwald stammen können (peuvent provenir du Schwarzwald), doch gibt er keine Gründe dafür an.

Laufenbeckens, durch eine dem Südrand des Schwarzwaldes parallel und west-östlich fliessende Strömung abgelagert worden wäre. Für die Nagelfluh des Laufenbeckens, welche Schaad nicht in den Bereich seiner Untersuchungen gezogen, waren es die Konglomerate des Buntsandsteins, welche in den Vogesen gut, im südlichen Schwarzwald kaum ausgebildet sind, die zur Annahme einer west-östlichen Strömung und somit zur Ableitung von den Vogesen führten. Das Konglomerat fehlte aber früher, wie Geröllstücke desselben Gesteins auf den Hügeln am Fusse des Schwarzwaldes zeigen, dem letztgenannten Gebirge nicht.

Unsere *Wanderblöcke*, die auf Kastelhöhe zum Denkmal aufgestapelt sind, *stammen*, wie die Juranagelfluh, von der sie einen kleinen, doch deutlich sichtbaren Bestandteil bilden, ebenfalls vom *Schwarzwald*. Sie sind durch ein fliessendes Wasser transportiert worden, das angesichts der Grösse einzelner Gerölle eine ansehnliche Stosskraft besessen haben muss. Es geschah dies nach dem Rückzug des helvetischen (mittelmiocänen) Meeres, dessen Sedimente da und dort von der Juranagelfluh bedeckt sind. Es geschah auch vor der Faltung des Jura und nach dem Absinken des Rheintalgrabens. Unser Fluss, der die Gerölle von Norden nach Süden transportierte, scheint nahe dem Ostrand des Grabens, also nahe der Flexur von Tafeljura und Schwarzwaldhorst, nach dem Gebiet des Laufenbeckens, das damals auch dem Rheintalgraben angehörte, geflossen zu sein. Wo der Fluss sein Ende fand, ist nicht ersichtlich. Die Relikte [6]) auf dem Matzendorfer Stierenberg beweisen, dass er bis nahe an den Südrand des heutigen Jura reichte.

Alle die genannten Stellen, innerhalb und ausserhalb des Laufenbeckens, wie: Matzendorfer Stierenberg, Girlend, Breitenbach-Fehren-Meltingen, Kastel-Stollenweid, Nenzlingen (Eggberg) liegen in der Süd-Nordrichtung, die in ihrer Verlängerung auf den südwestlichen Schwarzwald weist.

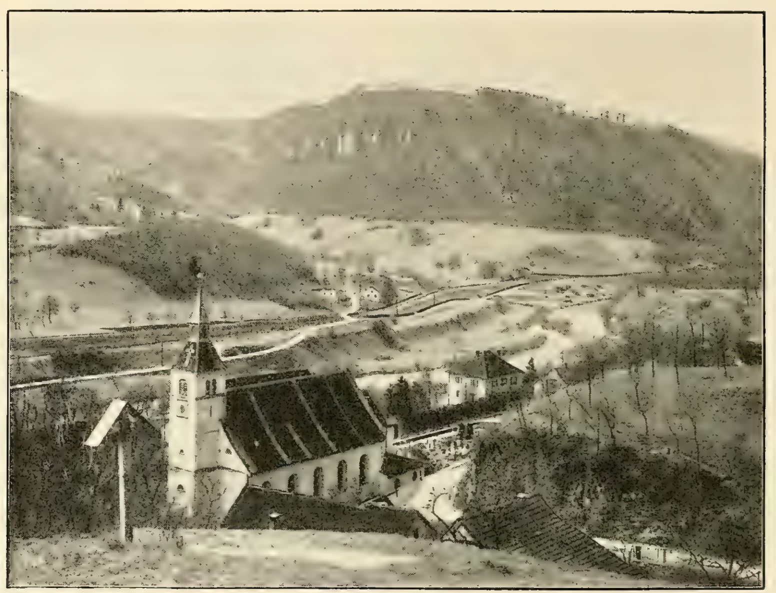
Ein anderer, vielleicht schwächerer Strom, mag in südwestlicher Richtung vom Schwarzwald in das Gebiet des Jura geflossen sein, wie die Juranagelfluhrelikte von Hofstetten und Mariastein (Blatt 9) und Greifel in der Nähe von Liesberg (Blatt 93) beweisen. Die Juranagelfluhrelikte von Hofstetten und Mariastein hielt ich früher (Gutzwiller, Die Diluvialbildungen l. c.) für Relikte des Oberelsässischen Deckenschotters. Eine nachträgliche, genauere Untersuchung ergab, dass sie zweifellos der Juranagelfluh ange-

---

[6]) Einzelne derselben wurden von Herrn Dr. H. Stehlin gesammelt und in verdankenswerter Weise dem Museum übergeben.

hören. Verbindet man Greifel mit Hofstetten-Mariastein, so weist die Verbindungslinie nach der Südwestecke des Schwarzwaldes.[7])

Die Erhaltung von Flussgeröllen mag manchem nicht gerade notwendig erscheinen. Wir schützen aber auch erratische Blöcke ihres wissenschaftlichen Interesses wegen. Ein eben so hohes Interesse bieten gewiss auch diese jedem Laien durch ihre Grösse und ihre Gesteinsart auffallenden Gerölle hoch oben am Bergeshang auf fremdem Boden, hergeführt durch fliessendes Wasser in entlegenen Zeiten, bei ganz anderer Bodengestalt als heute.



Phot. Dr. F. Hinden.

Figur 2.

Wir sind darum allen denjenigen Personen, die sich um das Zustandekommen des Blockdenkmals auf Kastelhöhe bemüht haben, besonders dem Präsidenten der Schweizerischen Naturschutz-Kommission, Herrn Dr. P. Sarasin, zu bestem Dank verpflichtet.

[7]) Auf der geologischen Karte von Blatt Blauen (9) ist die Stelle der Juranagelfluh bei Hofstetten nicht mit der richtigen Farbe und in ihrer Ausdehnung zu klein angegeben.



Phot. Dr. F. Hinden

Figur 3.

Erklärung der Bilder.

Figur 1 gibt den Haufen zusammengetragener Blöcke auf Kastelhöhe, die Eigentum der Schweiz. Natf. Gesellschaft sind und vor Zerstörung geschützt bleiben sollen. Zwei der grössten Blöcke, beides Buntsandsteine, liegen oben in der Mitte des Haufens. Der linksliegende misst 1 m; der rechtsliegende 0,8 m in der grössten Dimension. Im Hintergrund sieht man den Eggberg, mit der rechts gegen Osten steil abfallenden Eggfluh und links mit den durch die Zweige eines Baumes blickenden Häusern von Nenzlingen.

Figur 2 gibt den Kastelberg, wie er sich von Grellingen oberhalb der Kirche dem Auge bietet. Man sieht gegen Südwesten. Das Blockdenkmal, von hier aus unsichtbar, steht ca. 300 m westlich (rechts) vom obersten etwas gelichteten Waldrande.

Figur 3 gibt den Kastelberg mit seinem schwach nach Westen sich neigenden, flachen Rücken, der sog. *Kastelhöhe*, wie sie von Nenzlingen aus zu sehen ist. Man sieht gegen Südosten. Im Hintergrund links erhebt sich der Homberg bei Himmelried. Auf dem Bilde wäre der Blockhaufen am obern Rande, 30 mm vom rechten Rand entfernt, zu suchen.

Literatur.

Greppin, J. B. Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, VIIIième livraison. Jura Bernois et ses districts adjacents. 1870.

— Les galets vosgiens à Dinotherium. La Suisse illustrée 1ière année 1872 No. 18.

Gutzwiller, A. Beitrag zur Kenntnis der Tertiärbildungen der Umgebung von Basel. Verhandl. der Natf. Ges. in Basel. Bd. IX, 1890.

— Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel. Verhandl. der Natf. Ges. in Basel. Bd. X. 1894.

Pfaff, F. R. Untersuchungen über die geol. Verhältnisse zwischen Kandern und Lörrach im bad. Oberlande. Inauguraldissertation Universität Erlangen 1893.

Rollier, L. Matériaux pour la carte géolog. de la Suisse. Nouvelle Serie, VIIIième livraison 1898. Deuxième supplément à la description géologique de la partie jurassienne de la Feuille VII de la carte géol. de la Suisse.

Schaad, E. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Neue Folge, XXII. Lieferung. Die Juranagelfluh.

Greppin, E. Erläuterungen zur geol. Karte des Blauenberges bei Basel. 1908. Geolog. Karte der Schweiz, herausgegeben von der geolog. Kommission der Schweiz. Natf. Ges.

Sarasin, Paul. Schweiz. Naturschutzkommission. Jahresbericht 3. 1908/09. Verhandl. der Schweiz. Natf. Ges. 92. Jahresversammlung, Lausanne 1909.

Eingegangen 6. Mai 1910.

Beitrag zur Kenntnis der Eruptivgesteine von Teneriffa.

Von
H. Preiswerk.

Im Frühjahr 1908 sammelte Herr Dr. *A. Gutzwiller* in Basel auf einer Studienreise nach den Canarischen Inseln[1]) eine schöne Serie von Handstücken in verschiedenen Teilen der Insel Teneriffa.[2]) Er übergab mir das Material zur mikroskopischen Bestimmung. Da dieselbe einige neue Resultate zu Tage förderte, möchte ich im folgenden eine kurze, petrographische Beschreibung der wichtigsten Typen der Gesteine geben. Sie beanspruchen besonders dadurch Interesse, dass sie eine kontinuierliche Serie von sauren trachytischen bis zu basaltischen und limburgitischen Gesteinen darstellen mit zahlreichen Zwischenstufen, ferner auch durch ihre Beziehungen zum foyaitisch-theralitischen Magma, auf die schon das Auftreten der schon lange bekannten und eingehend beschriebenen[3]) Phonolithe in verschiedenen Teilen der Insel hindeutet. Für die geologische Orientierung verweise ich auf die Arbeiten von *Fritsch* und *Reiss,*[4]) *Rothpletz*[5]) und *A. Gutzwiller.*[6])

1. Phonolithe.

Von phonolithischen Gesteinen liegen mir Proben von folgenden Lokalitäten vor: 1. „Anagagebirge, nördlich Mercedes, östlich von Laguna". 2. „Anagagebirge östlich von Tegina." 3. „Ti-

[1]) *A. Gutzwiller:* Eine Studienreise nach den Canarischen Inseln (Beil. z. Ber. d. Realschule in Basel 1909).

[2]) Einige der Handstücke, darunter der Sodalithtrachyt vom Pic sind von Herrn Dr. E. Künzli in Solothurn geschlagen, und Herrn Dr. Gutzwiller geschenkt worden. Es sind dies nach den Angaben von Herrn Dr. Künzli die folgenden Stücke: 1. Phonolith von Mercedes im Anagagebirge. 2. Vitrophyrischer Augittrachyt vom Kegel des Pic de Teyde bei Altavista. 3. Sodalithtrachyt vom Kegel des Pic, unterhalb Altavista.

[3]) *A. Saurer:* Untersuchungen über phonolithische Gesteine der Canarischen Inseln. (Zeitschr. f. ges. Naturwiss. 1876, Bd. 47.)

[4]) *K. von Fritsch* und *W. Reiss:* Geol. Beschreibung der Insel Tenerife (Winterthur 1868).

[5]) *A. Rothpletz:* Das Tal von Orotava auf Tenerife (Peterm. Mitt. 35, S. 237. 1889).

[6]) l. c. S. 23.

gaigarücken an der Strasse zwischen Realejo und S. Juan de Rambla.“

Das *Gestein von Mercedes* zeigt in einer graugrünen Grundmasse weisse, schwarze und ziegelrote Punkte eingestreut. Es sind dies Einsprenglinge von kurztafeligen Sanidinkrystallen, Reste resorbierter basaltischer Hornblende und durch Zersetzung zonenweise gefärbte Noseane.

Die *Sanidine*, dickplattig, bis nahezu isometrisch ausgebildet, weisen unter dem Mikroskop oft eine äusserst feine Zwillingslamellierung auf, die auf das Vorhandensein von *Anorthoklas* deutet.

Die *Augit*einsprenglinge zeigen im Zentrum violette Farbentöne und eine Auslöschungsschiefe (c : $\mathfrak{c}$) von ca. 50°. Die Peripherie ist grün und der ∢ c : $\mathfrak{c}$ steigt allmählich bis über 90°. Demnach besteht der äussere Rand aus *Aegirin.*

Der Pyroxen der *Grundmasse* ist ebenfalls *Aegirin.* Intratellurisch zerbrochene Augitkrystalle zeigen auf den Bruchflächen Neubildung von Aegirin. Auch die resorbierten Hornblenden sind in der Regel von Aegirinkränzen umgeben. Die Grundmasse besteht ausserdem aus *Sanidinleisten* und wohl in beträchtlichem Masse aus *Nephelin,* was aus der reichlichen Ausscheidung von Na Cl-Krystallen aus der HCl-Lösung hervorgeht.

Apatit mit schwarzen Interpositionen und *Titanit* in mitunter sehr grossen Krystallen charakterisieren weiter das Gestein.

Folgendes ist die chemische Zusammensetzung des Gesteins:[7])

SiO_2	=	54,24 %
TiO_2	=	0,51 %
Al_2O_3	=	20,84 %
Fe_2O_3	=	2,26 %
FeO	=	2,09 %
MnO	=	0,15 %
CaO	=	2,99 %
MgO	=	1,21 %
K_2O	=	3,84 %
Na_2O	=	9,22 %
H_2O	=	1,89 %
Feuchte	=	1,24 %
		100,48 %

Qualitativ lässt sich ein kleiner Chlorgehalt nachweisen, der wohl dem Nosean zugerechnet werden kann. Die Zusammensetzung deckt sich nahezu vollständig mit der des Phonolith vom Hohen-

[7]) Analyse von N. Sahlbom.

twiel im Hegau. Das Gestein ist der Gruppe der *nephelinitoiden Phonolithe* beizuzählen.

Die beiden andern, oben genannten, Gesteine von *Tegina* und vom *Tigaigarücken* neigen mehr zur Familie der *phonolithoiden Augittrachyte.* Sie zeigen graue Farben. Es fehlt ihnen der Aegirin. Der vorhandene Pyroxen ist *Diopsid.* Randlich resorbierte Hornblenderesten sind reichlich vorhanden. Neben dem *Alkalifeldspath,* der stellenweise feine Zwillingsstreifung aufweist, findet sich im Gestein von *Tegina* auch *Plagioklas.* Dieses Gestein führt ziemlich reichlich ein farbloses, isotropes oder nur sehr schwach in einzelnen Feldern aufhellendes Mineral von niederer Lichtbrechung ohne Krystallbegrenzung. Da die HCl-Lösung des Gesteins neben viel Na Cl auch reichlich Gipsnadeln ausscheidet beim Eintrocknen, vermute ich, dass *Hauyn* vorliegt. Auch Chlor liess sich im Gestein qualitativ nachweisen.

Das Gestein vom *Tigaigarücken* enthält ebenfalls ein Mineral der *Sodalithgruppe* in teilweise resorbierten, schwarz umrandeten Krystallen. In der eingetrockneten HCl-Lösung des Gesteinspulvers erhielt ich jedoch nur NaCl-Würfel, keine Nadeln. Der in Salpetersäure lösliche Teil des Gesteins gab mit Silbernitrat geprüft Chlorreaktion.

Die *Grundmasse* dieser Gesteine führt überaus zierliche *Glimmer*kryställchen sowie etwas *Gesteinsglas,* das namentlich als Einschluss in den Feldspathen auftritt.

2. Trachyte.

Die mir vorliegenden *Trachyte* lassen sich der Struktur nach in zwei Hauptgruppen scheiden: die porphyrischen und die dichten.

Die **porphyrischen Trachyte** führen in einer hellgrauen, oft etwas porösen Grundmasse tafelförmige bis 1 cm grosse Einsprenglinge eines glasigen, rissigen, sanidinartigen *Feldspathes.* Daneben in geringer Menge bis 3 mm lange schwarze Stengel von *Hornblende* oder *Augit.*

Durch Zunahme des Glasgehaltes in der Grundmasse erhält diese ein fettglänzendes Aussehen und es entstehen Uebergänge zu den *Hyalotrachyten* und *Trachytgläsern.*

Von besonderem Interesse ist ein trachytisches Gestein vom *Kegel des Pik de Teyde, unterhalb Alta Vista* gesammelt. Es repräsentiert seinem mikroskopisch festgestellten Mineralbestand nach ein Bindeglied zwischen den Trachyten und den Phonolithen von Teneriffa. Es ist in die Gruppe der phonolithischen Trachyte, speziell der *Sodalithtrachyte* zu stellen.

Dem blossen Auge erscheint das Gestein durchaus ähnlich den weiter unten besprochenen porphyrischen Trachyten der Lomo de Vega, nur sind die Feldspatheinsprenglinge etwas reichlicher, die dunkeln Gemengteile treten noch mehr zurück, so dass man erst nach längerem Suchen solche bemerkt.

Unter dem Mikroskop erscheinen die Feldspathe als Karlsbader Zwillinge. Einfache Zweihälfter oder auch zusammengesetztere Gruppen.

Die einzelnen Karlsbader Individuen sind meist nicht einfach gebaut, sondern zeigen ihrerseits wieder feine Zwillingslamellierung nach dem Albitgesetz.

Die einzelnen Lamellen haben stets nur geringe Auslöschungsschiefe (3^0—4^0). Die Feldspathe sehen dem Oligoklas ähnlich.[8]) Schon die chemische Zusammensetzung des Gesteins (siehe unten) zeigt jedoch, dass *Anorthoklas* vorliegen muss.[9])

Als weiterer Einsprengling findet sich recht spärlich ein gelblichgrüner *diopsidartiger Pyroxen.* Häufig ist er von *Apatit* und *Magnetit* begleitet.

Sehr interessant ist die *Grundmasse* des Gesteins. Sie zeigt typische Trachytstruktur. Lange, feine Sanidinleisten, deren Länge bis zwanzigmal die Breite übertrifft, bilden die Hauptmasse. Die Zwischenräume sind von bräunlicher oder farbloser Glasbasis erfüllt. Ferner von einem isotropen Mineral von regulären Durchschnitten (Sechsecke und Vierecke), die da zur Ausbildung gelangen, wo Glasbasis das Mineral umgibt. Dagegen zeigt es sich allotriomorph gegenüber dem Feldspath. Seine Lichtbrechung ist niedriger als die des Feldspathes und der Glasbasis.[10]) Es hebt sich daher scharf von der Umgebung ab.

Zur weitern Untersuchung wurde der Schliff abgedeckt, mit Essigsäure betupft und dann tingiert. Die regulären Durchschnitte zeigten intensive Färbung. Das Gelatinieren mit Essigsäure lässt auf *Sodalith* schliessen. Die Bestimmung als Sodalith bestätigt sich durch den auch quantitativ bestimmten Chlorgehalt. Der in Salzsäure lösliche Teil des Gesteinspulvers mit $BaCl_2$ versetzt gibt keine Trübung. Nosean ist demnach nicht vorhanden. Der Soda-

---

[8]) Die Erwähnung von Oligoklas im „Obsidianporphyr" von Altavista durch K. v. Fritsch (l. c. S. 337 und 338) beruht wohl auf dieser Verwechslung, tatsächlich ist das dort erwähnte Gestein fast kalkfrei nach der Analyse auf S. 337).

[9]) Ueber die Bestimmung als Anorthoklas vergleiche: H. Preiswerk, Sodalythtrachyt vom Pico de Teyde (Centralb. f. Min. etc. Nr. 13, 1909, S. 394).

[10]) Der Brechungsexponent des Glases (bestimmt am Trachyobsidian vom Kegel des Pic) liegt zwischen 1,51 und 1,52.

lith macht einen beträchtlichen Teil der Grundmasse aus, nach untenstehender Analyse 5,2 % des ganzen Gesteins. In der Grundmasse eingestreut finden sich noch kleine, hoch-, licht- und doppeltbrechende Stengel von intensivem Pleochroismus zwischen braun und farblos, gerader Auslöschung und positivem Charakter der Hauptzone, die ich als Biotit deuten möchte, ferner ziemlich reichlich Magnetitkörner.

Das Gestein hat folgende chemische Zusammensetzung[11]:

$Si O_2$	=	59,46 %
$Ti O_2$	=	0,45 %
$Ae_2 O_3$	=	19,49 %
$Fe_2 O_3$	=	1,45 %
Fe O	=	2,30 %
Mn O	=	0,24 %
Ca O	=	1,66 %
Mg O	=	1,05 %
$Na_2 O$	=	9,34 %
$K_2 O$	=	4,34 %
Cl	=	0,38 %
$H_2 O$	=	0,26 %
Feuchte	=	0,21 %
abzüglich O	=	0,17 %
		100,46 %

Der chemische Bestand zeigt, das die Feldspathsubstanz zusammen mit dem Sodalith über 90 % des Gesteins ausmacht und zwar muss der Feldspath Kalinatronfeldspath sein, und zwar meist Anorthoklas, daneben auch wohl Natronorthoklas. Das Anorthitmolekül scheint gar keine nennenswerte Rolle zu spielen, zumal der vorhandene Kalk, fast ganz an Magnesia gebunden, dem Diopsid zuzuzählen ist.

Die Analyse stimmt ziemlich gut überein mit denen von Sodalithtrachyten[12]) der Insel Ischia (Rosenbusch, Elemente S. 286),

---

[11]) Analyse von N. Sahlbom.

[12]) Zu den Sodalithtrachyten gehören wahrscheinlich auch ein Teil der „trachytischen“ Gesteine, von denen K. v. Fritsch (l. c. S. 271) folgendes bemerkt: „Unzweifelhaft müssen aber diese, mit Säuren gelatinierenden Gesteine den Phonolithen beigezählt werden und zwar einer Gruppe dieser Gesteine, in welcher orthoklastischer Feldspath nicht bemerkt, sondern bisher nur Oligoklas nachgewiesen worden ist, dessen bis 10 mm grosse, glasige Krystalle bald häufiger, bald seltener porphyrartig eingesprengt sind.“

Dieser „Oligoklas“ ist sicher in den meisten Fällen, wie oben gezeigt wurde, Anorthoklas und das Gelatinieren, von dem Fritsch sagt:

steht aber fast noch näher denen gewisser nephelinitoider Phonolithe (Elemente S. 292 Nr. 9) durch den etwas niedrigeren Kieselsäuregehalt und das starke Vorherrschen des Natron.

Zu den *Trachyten* sind ferner zu zählen Gesteine von der „*Lomo de Vega* an der Strasse von Icod nach Garachico". Sie können als Hornblende-Augittrachyte bezeichnet werden. Es sind schöne porphyrische Gesteine mit grossen glasig rissigen Feldspatheinsprenglingen, deren feine Zwillingslamellierung auf *Anorthoklas* deuten. In nicht unbeträchtlicher Menge finden sich daneben bis mehrere mm lange Prismen einer *basaltischen Hornblende*, die stets starke Resorptionserscheinungen zeigt. Völlig unangegriffen ist der als Einsprengling spärliche *diopsidische Augit*. Auch Eisenerze und Apatit fehlen nicht unter den intratellurischen Bildungen.

Die *Grundmasse* ist sehr *glasreich*. In der Basis schwimmen Sanidinleistchen und kleine Diopsidstengel.

Einzelne reichlicher pigmentierte und auch in der Struktur etwas abweichende Partien in der Grundmasse geben dem Gestein oft ein fleckiges Aussehen. Es erinnert dadurch an den „Piperno" genannten Trachyt der Phlegräischen Felder.

Das reichliche Auftreten des Pyroxen in der Grundmasse stellt das Gestein dem *Ponzatypus* nahe, also in die nächste Verwandtschaft mit den Trachyten der phlegräischen Felder und der Insel Ischia.

Ein schöner *vitrophyrischer Augittrachyt* liegt mir vor von „*Alta Vista am Kegel des Pic*", vermutlich das Gestein der Analyse 6 p. 337 bei Fritsch, das als „Obsidianporphyr" bezeichnet ist.

In pechglänzender, schwarzer Grundmasse liegen bis 1 cm grosse, glasige Sanidintafeln abwechselnd mit kleinern oft nahezu isometrischen Feldspatheinsprenglingen. Karlsbader Zwillinge sind häufig, dagegen selten die hier sehr feine Lamellierung nach 010. Der kleine optische Axenwinkel des Sanidin in normal symmetrischer Lage konnte nachgewiesen werden. Vermutlich ist der Feldspath zum grossen Teil Natronorthoklas resp. Anorthoklas mit unsichtbar feiner Zwillingslamellierung.

Neben den grossen Sanidintafeln finden sich auch mikrolithische Feldspathe, in Leistenform oder isometrisch ausgebildet.

„Bis jetzt ist es uns noch nicht gelungen, nachzuweisen, ob das Gelatinieren wirklich mit einem Nephelingehalte der Gesteine zusammenhängt, oder auf ein anderes Mineral zurückzuführen ist," wäre in diesen Fällen durch den Sodalith bedingt.

Diopsid, Magnetit und Apatit in spärlicher Menge bilden den Rest der Einsprenglinge, alles eingebettet in einer schokoladebraunen *Glasbasis.*

Durch Abnahme der Zahl der Einsprenglinge entstehen Uebergänge zum eigentlichen *Obsidianglas.* Ein solches liegt vor vom *Kegel des Pic.* Nur spärliche Sanidintafeln finden sich darin, sowie stellenweise äusserst feine, gerade auslöschende Sanidinmikrolithen. Das Glas ist schwach grünlich gefärbt, durchsichtig, nur stellenweise braun bestäubt.

Die **dichten Trachyte** zeigen dem blossen Auge keine oder nur äusserst spärliche Einsprenglinge. Sie sind hellgrau gefärbt aber nicht ganz gleichförmig, sondern gröber oder feiner fleckig, was auf eine schlierige Ungleichheit in der Verteilung der einzelnen Bestandteile hinweist. Es sind *Augittrachyte* vom *Ponzatypus.* Unter dem Mikroskop erkennt man als Einsprenglinge da und dort Feldspath in Karlsbader Zwillingen, sowie *Augit*stengel, die gänzlich mit Magnetitkörnern angefüllt sind und wohl die Stelle eines ursprünglichen, jetzt umgewandelten Einsprenglings von Biotit oder Hornblende einnehmen. Den Hauptbestandteil der *Grundmasse* bildet der Feldspath, der bald in längern Leisten dem Gestein typische *Trachytstruktur* verleiht, bald in gedrungeneren Individuen mehr *orthophyrische Struktur* bedingt. Von dunkeln Gemengteilen sind in der Grundmasse vorhanden reichlich *Diopsid* in kurzen Stengeln, *Magnetit*krystalle und rotbraune *Glimmer*blättchen von oft regelmässiger Sechseckform.

Bräunlich bestäubte Partien zeigen da und dort das Vorhandensein von *Glasbasis* an.

In einigen dieser Gesteine, besonders deutlich in solchen von der *Lomo de Vega* zwischen Icod und Garachico, enthält die Grundmasse reichlich *gelatinierbare Substanzen,* sei es leicht angreifbare Glasbasis oder Nephelin. Dies zeigt, dass auch unter den „dichten Trachyten" Uebergangsglieder zu den *phonolithoiden Trachyten* und *Phonolithen* sich finden.

In einer porösen *„jungen Lava vom Fuss des Kegels des Pik"* finden sich dieselben Grundmassengemengteile eingetaucht in eine zusammenhängende *hellbräunliche Glasbasis,* die dem Gestein etwas fettartiges Aussehen verleiht. Grössere Einsprenglinge fehlen auch hier. Doch finden sich Einschlüsse älterer Gemengteile, namentlich *Hornblende.* Nicht selten auch ein rundliches, reguläres Mineral mit konzentrisch angeordneten Einschlüssen feiner Diopsidstengelchen. Rund um dieses Mineral — das vielleicht als Noseaneinschluss zu deuten ist — herum erscheint das Gesteinsglas braun gefärbt und von schwarzen Mikrolithen erfüllt.

Durch Ueberhandnehmen der Glasbasis entwickeln sich schliesslich eigentliche Obsidiane. Der *Obsidian* der *„jungen prähistorischen Lava aus der Mulde von Icòd, westlich San Juan de Rambla,“* erscheint dem blossen Auge ganz krystallfrei.

Unter dem Mikroskop erkennt man spärlich schmale *Sanidinleisten,* die in einer schön ocellar-fluidalen Basis schwimmen. Die Basis ist teils farblos, teils braun. Die braunen Teile, in denen stets die Sanidinleisten eingebettet liegen, sind gegen die farblose Basis mikrolithisch ausgefasert und sehen wie Pelzstreifen aus.

3. Andesite.

Uebergänge der dichten trachytischen Gesteine in ebensolche andesitische geben sich dem blossen Auge durch etwas dunklere mehr grüngraue Farben zu erkennen. Ein solcher *Augit-trachy-Andesit* liegt mir in einem Handstück vor von „alter Lava am Tigaigarücken an der Strasse nach San Juan de Rambla in der Nähe von Realejo“. Unter dem Mikroskop unterscheidet sich dieses Gestein von den Trachyten durch die grössere Menge der dunkeln Gemengteile: Diopsid, Biotit und Magnetit, sowie das häufigere Vorkommen von *Plagioklas,* der sich auf den ersten Blick durch die schärferen Zwillingslamellen kundgibt. Die Diopsidstengel bilden eine Art Filz. Die Trachytstruktur geht verloren und wird durch die *pilotaxitische* ersetzt.

Andesitoide werden nach Osann[13]) solche Andesite genannt, die neben Plagioklas auch reichlich Sanidin in der Grundmasse führen. Dahin möchte ich Gesteine zählen mit der Ortsangabe: „Alte Lava des Anagagebirges, Südküste östlich Sta. Cruz zwischen Val Seco und Val Bufadero.“ Sie zeigen recht spärliche Einsprenglinge von Augit, Magnetit, stark bestäubtem Apatit und sehr selten Plagioklas. Die Grundmasse ist sehr reich an Diopsidstengeln, die einen Filz bilden. Unter den Feldspathen dürfte ein beträchtlicher Teil dem Orthoklas angehören.

Die vorliegenden eigentlichen *Andesite* sind dunkelgraue bis schwarze dichte, einsprenglingsarme bis freie, teilweise poröse Gesteine. Die dem blossen Auge sichtbaren Einsprenglinge sind meist Feldspath, seltener Augit. Es sind durchweg *Augitandesite.*

Eine bedeutendere Rolle spielen die Einsprenglinge nur in einem Gestein, das als „Fladenlava aus der Mulde von Icod unterhalb dem Dorfe Icod“ bezeichnet ist: In einer schwarzen, blasenreichen Grundmasse liegen streng parallel geordnet bis 2 cm grosse

---

[13]) *H. Rosenbusch:* Physiographie der massigen Gesteine. 1908. II. S. 1044.

Tafeln von *Plagioklas*. Die Bestimmung des Feldspathes ergab 50—60 % Anortitgehalt. Er ist also dem *Labrador* beizuzählen. Doch scheinen manche Individuen, namentlich die grössern, noch basischere Mischungen darzustellen und zum Teil dem *Bytownit* anzugehören. Oft enthalten die Einsprenglinge zahlreiche Glaseinschlüsse, die häufig krystallographisch begrenzt sind. Besonders schön ist diese Erscheinung in den Feldspathen der „Lava vom Jahre 1430 an der Montañetta de la Horca bei Orotava“.

In einem als „alte Lava vom Anagagebirge östlich von Sta. Cruz bei Val Bufadero“ bezeichneten Gestein herrschen die *Augiteinsprenglinge* vor. Der Augit zeigt bald mehr grünliche, bald mehr violette Farbentöne. Die Auslöschungsschiefe ≠ : c beträgt 50—54 °. Infolge der starken Bissectricendispersion erscheinen wechselnd blaue und gelbe Interferenzfarben beiderseits der Dunkelstellung. Es liegt demnach basaltischer Augit, vermutlich mit hohem Titangehalt vor.

Nicht selten findet sich auch *basaltische Hornblende* als Einsprengling. Besonders schön in „Agglomeratlava vom Tigaigarücken an der Strasse von Realejo nach San Juan de Rambla“. Sie tritt dort als Einsprengling neben Labrador, Augit und Magnetit auf. Breite *Resorptionszonen* umgeben die gerundeten Hornblendekerne. Manchmal schwindet der Kern ganz und nur die Resorptionsprodukte sind übrig, meist als wohl individualisierte Kryställchen, die einer nähern Untersuchung wert wären. *Olivin* tritt als Einsprengling in schönen Krystallen auf mit den grossen Labradorkrystallen der Fladenlava von Icod. Ferner sind als Einsprenglinge zu erwähnen *Magnetit* und *Apatit* in schwarz bestäubten Individuen.

Die *Grundmasse* der verschiedenen Proben der Andesite zeigt übereinstimmende Charaktere. Sie besteht aus einem bald lockern, bald dichteren *Filz* von Augitstengeln und Plagioklasleisten. Ist der Augitfilz lockerer, so ist Plagioklas in grösserer Menge vorhanden, ist er dichter, so tritt der Feldspath mehr zurück. Das ganze Gewebe wird in manchen Varietäten von Gesteinsglas imprägniert, und es entstehen so Uebergänge von der *pilotaxitischen* zur *hyalopilitischen Struktur*. Sehr schön zeigt sich diese letztere Struktur in einem „Ganggestein der Südküste von Teneriffa im Anagagebirge östlich von Sta. Cruz bei den Bufaderos an der Strasse nach Santa Andres“. Das Gestein besteht aus einem äusserst dichten, von reichlichem Magnetit durchspickten Augitfilz, der in Gesteinsglas schwimmt. Feldspath ist gar nicht zu beobachten. Das Gestein bildet mithin ein Uebergangsglied zu den *Hyaloandesiten*. Dahin gehört auch eine „junge“ poröse Lava des Val Taoro am Fusse der Monta de la Horca bei Orotava“. Diese führt sehr viel braunes *Glas* in abgeschlossenen

Partien, besonders auch an den Porenwändern, sowie als Einschlüsse in den Feldspatheinsprenglingen.

Der *Magnetit* ist stets in reichlicher Menge in der Grundmasse vorhanden, in Oktaedern meist, gelegentlich aber, besonders bei glasreichen Abarten, so in der Lava von Icod, in langen Stengeln, die mit den Grundmassenfilz bilden.

Biotit wurde in der Lava vom Tigaigarücken konstatiert.

Ein Gestein von der Lomo de Vega, westlich von Icod, und dasjenige vom „Lavastrom von Garachico 1706, oberer Teil des Stromes bei la Culate", enthalten auch *Olivin* in der Grundmasse, teils in rautenförmigen, teils in lang rechteckigen Durchschnitten, stets mit den charakteristischen *tropfenförmigen Glaseinschlüssen* im Centrum der rautenförmigen, an den beiden Enden der rechteckigen Durchschnitte.[14])

In dem pag. 17 erwähnten Gestein von Val Bufadero ist Olivin recht reichlich, er zeigt mitunter die charakteristische Hohlspindelform und ist durch gelbe Umwandlungsprodukte gefärbt. Das Gestein kann als ein Uebergangsglied zu den Basalten aufgefasst werden.

Die *Augite* der *Grundmasse* der vorliegenden andesitischen Gesteine zeigen bald mehr grüne, bald mehr bräunliche Farbentöne. Die grünen zeigen Auslöschungsschiefen ($\not c$:c) um 45^0, während sie bei den bräunlichen über 50^0 steigt. Hand in Hand damit stellt sich Sanduhrstruktur und Dispersion ein. Wir haben es im einen Fall mit mehr *diopsidischen*, im andern mit *basaltischen Augiten* zu tun. Durch Ueberhandnehmen der letztern werden Uebergänge zu den basaltischen Gesteinen bedingt.

Die Grundmasse mancher Proben dieser andesitischen Gesteine lassen beim Aetzen des Schliffes mit verdünnter Salzsäure *gelatinierende Substanzen* erkennen. Reichlicher und in schärfer abgegrenzten Körnern treten dieselben in den heller gefärbten gräulichen Gesteinstypen auf. Auch hier ist also Verwandtschaft mit der Alkaliserie der Gesteine vorhanden. Wie weit im einzelnen Uebergänge zu *Trachyandesiten* und *Trachydoleriten* sich finden, müsste eine speziellere, auch chemische Untersuchung dartun.

4. Basalte, Basanite und Limburgite.

Ein grosser Teil des vorliegenden Materials sind *basaltische Gesteine*. Und zwar finden sich darunter feldspathreiche und olivin-

---

[14]) Vergl. die Beschreibung derselben Bildungen bei *L. van Werveke:* Beitrag zur Kenntnis der Gesteine der Insel Palma (N. Jahrb. f. Min. 1879. S. 815).

reiche Basalte und Basanite, sowie limburgitartige Gesteine. Dem blossen Auge fallen viele dieser Basaltgesteine durch die reichlichen Einsprenglinge von Augit oder Olivin auf. Die einsprenglingsfreien Basalte sind von den Andesiten schwer zu unterscheiden, zumal die feldspathreichen Basalte, während die olivinreichen Basalte durch etwas bräunlichere Farbentöne von den mehr bläulichgrauen Andesiten sich abheben.

Die *feldspathreichen Basaltgesteine,* die Feldspath auch als Einsprengling führen, schliessen sich aufs engste an die Andesite an, gegen die überhaupt keine ganz scharfe Grenze zu ziehen ist. Zu dieser Gruppe zähle ich die „Lava der Ostwand des Zirkus vom Pic de Teyde (Cañadas)".

Sehr basischer *Plagioklas* (Bytownit-Anortit) bilden vorherrschend neben violettbräunlichem, basaltischem Augit die Einsprenglinge.

Die *olivinreichen Basalte* sind sehr verbreitet auf verschiedenen Teilen von Teneriffa. Ich verzichte darauf, alle Lokalitäten, von denen mir Handstücke vorliegen, namhaft zu machen. Die wesentlichsten Differenzen innerhalb dieser Gruppe der Olivinbasalte sind durch den höheren oder niedrigeren Gehalt an Plagioklas gegeben. Durch Ausscheiden des Feldspath als wesentlicher Gemengteil gehen die Basalte in *Limburgite* über. Als Limburgit kann das glasreiche Gestein eines „Ganges in alter Lava des Anagagebirges oberhalb Mercedes östlich von Laguna" bezeichnet werden.

Mehr äusserlich auffallende Unterschiede unter den Olivinbasalten bedingt das Vorherrschen bald des Augits, bald des Olivins unter den Einsprenglingen. Ein wesentlicher Unterschied in der Zusammensetzung besteht indessen nicht, da das Zurücktreten des einen Gemengteils unter den Einsprenglingen durch reichlicheres Auftreten in der Grundmasse kompensiert wird.

Die Augite sind *basaltische Augite* von bräunlichen und violetten Farben. Der äussere Rand ist in der Regel viel intensiver violett gefärbt als der Kern und ist in dem Farbenton identisch mit den Augiten der Grundmasse. Aeussere Schale des Augit-Einsprenglings und Grundmasse sind gleichzeitig gebildet, was daraus hervorgeht, dass jene Schale auch Grundmassengemengteile (Feldspath und Magnetit) als Einschlüsse enthält. Der Kern der Augite zeigt eine Auslöschungsschiefe ($c : \mathfrak{c}$) von 50^0, während sie in der äusseren Schale bis zu $54—56^0$ wächst. Sanduhrstruktur ist sehr verbreitet, die Bissectricendispersion kräftig.

Die *Olivine* als Einsprenglinge zeigen oft stark Resorptionserscheinungen. Sie erscheinen bald ganz klar, bald aber randlich getrübt durch gelbrote Ausscheidungen von Eisenoxyden. Bei klei-

nern Individuen ist dann der ganze Krystall gefärbt. Es handelt sich hier offenbar nicht um gewöhnliche Verwitterung, sondern um intratellurische Zersetzungserscheinungen; denn in der Regel ist der äusserste Rand der Krystalle, vermutlich erst in der Effisivperiode gebildet, völlig klar und frei von Ausscheidungen.

Auf ursprünglich vorhandene Einsprenglinge deuten hie und da dunkle Resorptionszonen, unter deren Neukrystallisationen ein dunkel braunrotes Mineral auftritt, das nach Struktur und Pleochronismus zum *Rhoenit* zu stellen ist.

Die *Grundmassen*bestandteile der untersuchten basaltischen Gesteine sind, wie bei den Andesiten *Augit, Plagioklas* (wesentlich Labrador), *Magnetit,* etwas *Glimmer* und Olivin. Die meisten der vorliegenden Gesteine sind mehr oder weniger vitrophyrisch. Das *Glas* ist bald farblos, bald braun. Wo es in zusammenhängenderen Komplexen auftritt, erfüllen es gitterförmige Wachstumsgebilde von Magnetit. Die Gesteine gelatinieren sämtlich mehr oder weniger stark mit kalter verdünnter Salzsäure, wobei sich bisweilen aus der Gelatine Kochsalzwürfel ausscheiden. Zur Feststellung des gelatinierenden Bestandteiles wurden die Dünnschliffe geäzt und tingiert. In einigen Schliffen liess sich nachweisen, dass die Glasbasis gelatiniert. In anderen Schliffen tritt die gelatinierende Substanz in individualisierten Körnern auf. Hie und da lässt sich an denselben schwache Doppelbrechung nachweisen. Die Richtung $\mathfrak{a}'$ scheint in der allerdings wenig deutlich hervortretenden Längsrichtung der Körner, und senkrecht zu einer hie und da wahrnehmbaren Spaltbarkeit zu verlaufen. Diese Beobachtungen deuten auf das Vorhandensein von *Nephelin.* Jedenfalls zeigt das ganze Verhalten der Grundmasse, dass manche der Gesteine zu den *Basaniten* hinüberneigen.

Der Unterschied im Aussehen der Grundmasse gegenüber der der Andesite liegt in der intensivern braunvioletten Färbung des Pyroxen und seiner mehr gedrungenen kurzstengelig bis körnigen Gestalt. Damit im Zusammenhang steht, dass an Stelle der Andesitstruktur, d. h. der Filzstruktur, die Ophitstruktur (Intersertalstruktur) tritt, bei der die Augite die Zwischenfüllmasse der Feldspathleisten bilden.

Zwei Basaltanalysen wurden ausgeführt:[15]) 1. Lava der Cumbre oberhalb Esperanza, westlich Laguna; 2. alte Lava vom Anagagebirge, oberhalb Mercedes, östlich von Laguna.

---

[15]) Analysiert von N. Sahlbom, im mineralogischen Institut der Universität Basel.

	1.	2.
SiO_2 =	41,49 %	42,77 %
TiO_2 =	3,50 %	3,08 %
Al_2O_3 =	16,27 %	15,80 %
Fe_2O_3 =	3,08 %	3,34 %
FeO =	8,57 %	10,85 %
MnO =	0,45 %	0,18 %
CaO =	11,70 %	9,77 %
MgO =	8,97 %	9,04 %
K_2O =	1,24 %	1,65 %
Na_2O =	3,26 %	3,49 %
H_2O =	0,31 %	0,27 %
Feuchte =	0,15 %	0,35 %
	98,99 %	100,59 %

Die beiden Gesteine haben ein recht verschiedenes Aussehen. Das erste ist sehr reich an Augiteinsprenglingen, während das zweite fast ausschliesslich Olivin als Einsprenglinge führt, so dass die geringen Differenzen in den Zahlen auffallen.

Durch die Mengenverhältnisse in der Grundmasse wird der Unterschied einigermassen ausgeglichen. Immerhin dürfte Nr. 1 etwas augitreicher sein. Glasbasis ist in beiden vorhanden, in Nr. 2 sehr reichlich. Der höhere Augitgehalt macht sich in Nr. 1 in der höheren Kalkzahl gegenüber höherem Eisen- und Magnesia-(Olivin-)gehalt in Nr. 2 bemerkbar.

Die beiden analysierten Gesteine nehmen durch ihren tiefen Kieselsäure- und hohen Titansäuregehalt und die beträchtliche Menge von Alkalien eine eigenartige Stellung unter den basaltischen Gesteinen ein. Sie schliessen sich in ihrer Eigenart an basische, namentlich nephelinhaltige Gesteine der Alkalireihe an, ganz besonders an die Nephelinbasanite, deren Analysen[16]) in der Tat eine auffallende Uebereinstimmung mit den oben mitgeteilten aufweisen.

So finden wir durch die ganze vorliegende Gesteinsreihe hindurch, von den sauersten bis zu den basischsten Gliedern, Verwandtschaftsbeziehungen zum fayaitisch-theralitischen Magma. Ja es scheint überhaupt zweifelhaft, ob typische Kalkalkaligesteine auf der Insel Teneriffa überhaupt vorhanden sind.

---

[16]) *A. Osann:* Beiträge zur chemischen Petrographie II, Analysen der Eruptivgesteine aus den Jahren 1884—1900. S. 229. 1905.

Eingegangen 8. Mai 1910.

Geologische Prognose für den nördlichen Teil des neuen Trace des Lötschbergtunnels, bis Kilometer 8 vom Nordportal.

Von

A. Buxtorf.

Inhaltsübersicht.

Vorwort.

Ueber die Geologie des Lötschbergtunnelgebietes ist in den Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel schon früher die Rede gewesen. Gemeinsam mit *E. Truninger* (in Bern) hat der Verfasser in einer kleinen Abhandlung (1909, Bd. XX, Heft 2 dieser Verhandlungen) *„Ueber die Geologie der Doldenhorn-Fisistockgruppe und den Gebirgsbau am Westende des Aarmassivs“* die Grundzüge der Stratigraphie und des Gebirgsbaues dargelegt, die für das genannte Gebiet massgebend zu sein scheinen.

Nachdem zu Beginn des Jahres 1909 das neue definitive Trace des Lötschbergtunnels durch den Granitquerriegel von Staldi-Brandhubel festgelegt worden war, erhielt Verfasser von der „Entreprise générale du chemin de fer des alpes bernoises“ den Auftrag, eine Prognose für den nördlichen Teil des neuen Trace bis km 8 ab Nordportal auszuarbeiten. Diese Prognose wurde am 18. August 1909 eingeliefert.

Wie aus der Tafel III ersichtlich ist, stand der Vorort damals schon bei 2800 m. Die Prognose hatte sich also einerseits mit dem bald zu erwartenden Gesteinswechsel Kalk-Granit zu beschäftigen, andererseits aber war das Problem der Unterfahrung des Gasterntales eingehendster Prüfung zu unterwerfen.

Seither ist ein grosser Teil der begutachteten Tunnelstrecke erstellt worden und fast möchte es überflüssig erscheinen, nun nachträglich diese Prognose doch noch der Oeffentlichkeit zu übergeben. Allein das letztere scheint mir aus verschiedenen Gründen unbedingt geboten zu sein. Zunächst werden wir dadurch in den Stand gesetzt, auch beim neuen Tunneltrace Prognose und Befund vom geologischen Gesichtspunkte aus kritisch vergleichen zu können. Dazu kommt ein zweites: Ueber den Wert geologischer Tunnelprognosen ist in den letzten Jahren in geologischen und technischen Fachschriften viel geschrieben worden. Beim neuen Trace des Lötschbergtunnels, das nach der Katastrophe vom 24. Juli 1908 gewählt werden musste, folgten sich Prognose und Tunnelbau auf dem Fusse. Dieser Umstand brachte es mit sich, dass sowohl von Ingenieuren als Geologen die jeweiligen Ergebnisse des Tunnelfortschrittes mit grösster Spannung verfolgt, Prognose und Befund beständig verglichen wurden. Und so mag vielleicht gerade das Beispiel des Lötschbergtunnels (neues Trace) dazu beitragen, die Frage nach dem Wert und der Bedeutung geologischer Prognosen beim Bau grosser Alpentunnel in ein klareres Licht zu setzen.

A. Geologische Prognose.[1])

I. Einleitung.

Ende Juli 1909 übertrug die „Entreprise générale du chemin de fer des Alpes bernoises“ dem Unterzeichneten die Aufgabe, eine geologische Prognose zu geben für die nördliche Partie des neuen Trace des Lötschbergtunnels bis km 8 vom Nordportal.

Das neue Trace verlässt das alte bei 1202 m um nach Osten abzulenken. Der im Bau befindliche Tunnel wird das Gasterntal in der Region des Granitquerriegels von Staldi-Brandhubel unterfahren und sich aus folgenden Teilen zusammensetzen:

---

1) Die der Lötschberg-Unternehmung eingereichte Prognose ist in französischer Sprache abgefasst. Ich gebe im folgenden hier die wörtliche Uebersetzung. Die beigegebenen 3 Tafeln sind gleich wie im Original teils deutsch, teils französisch erläutert. Bei den Hinweisen auf die Tafeln gilt die *untere* der beiden auf den Tafeln angegebenen Paginierungen, die sich speziell auf die „Prognose“ bezieht.

1.	0 (Nordportal) – 1 202,9 m	Gerade Strecke		1 202,9 m
2.	1 202,9 – 2 000,7 m	Kurve nach links,	Radius 1100 m	797,8 m
3.	2 000,7 – 3 658,5 m	Gerade Strecke		1 657,8 m
4.	3 658,5 – 4 776,9 m	Kurve nach rechts,	Radius 1100 m	1118,4 m
5.	4 776,9 – 10 207,9 m	Gerade Strecke		5 430,9 m
6.	10 207,9 – 10 528,5 m	Kurve nach links,	Radius 1100 m	320,6 m
7.	10 528,5 – 14 535,5 m (Südportal)	Gerade Strecke		4 007,3 m
			Gesamtlänge	14 535,6 m

Beim letzten Tunnelbesuch des Unterzeichneten in Kandersteg (26. Juli 1909) stand der Sohlstollen bei 2748 m ab N. P., d. h. man befand sich in der geraden Strecke (3) im Norden des Gasterntales.

Die in diesem Rapport für den nördlichen Teil des neuen Trace gegebene Prognose stützt sich teils auf geologische Aufnahmen vom Herbst 1908, teils auf ergänzende Untersuchungen vom Juli 1909. Ausserdem wurden verschiedene geologische Gutachten mitverwertet, die nach der Katastrophe vom 24. Juli 1908 über den Lötschbergtunnel abgegeben worden waren.

Folgende Rapporte standen zur Verfügung:

1. *Quartalberichte* Nr. 1—8 (31. Dez. 1906 — 31. Dez. 1908).
2. *A. Buxtorf:* Vorläufiges Gutachten über die geologischen Verhältnisse des untern Gasterntales und ihre Bedeutung für die Weiterführung des Lötschbergtunnelbaues, mit 3 Tafeln und 1 Textfigur, 30. September 1908.
3. *C. Schmidt et A. Buxtorf:* Note géologique sur le côté nord du tunnel du Loetschberg; avec 9 planches, 8 janv. 1909.
4. *C. Schmidt et A. Buxtorf:* Rapport sur les sondages près de Staldi-Brandhubel dans le Gasterntal, avec 10 annexes, 5 mars 1909 (supplément au rapport précédent).
5. *E. Hugi und E. Truninger:* Die geologischen Verhältnisse des Umgehungstracés des Lötschbergtunnels, Bern, Mai 1909.

Ausser diesen geologischen Rapporten, die wir der Initiative teils der „Entreprise générale du chemin de fer des alpes bernoises", teils der „Berner Alpenbahngesellschaft, Bern-Lötschberg-Simplon" verdanken, sind folgende in letzter Zeit erschienene Abhandlungen zu erwähnen, die entweder die Geologie des Lötschberggebietes oder spezieller nur die Entstehung des Gasterntales behandeln:

6. *W. Salomon:* Der Einbruch des Lötschbergtunnels (Verh. d. Nat. med. Vereins zu Heidelberg, 10. Januar 1909).
7. *Alb. Heim:* Beweist der Einbruch im Lötschbergtunnel glaciale Uebertiefung des Gasterntales? (Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Ges. Zürich, Bd. 53, 1908).

8. *A. Buxtorf und E. Truninger:* Ueber die Geologie der Doldenhorn-Fisistockgruppe und den Gebirgsbau am Westende des Aarmassivs. (Verh. d. Naturf. Ges. Basel, Bd. XX, Heft 2, 1909.)

Die Frage der geologischen Prognose für einen Umgehungstunnel durch den Staldi-Brandhubelquerriegel ist in den oben erwähnten Rapporten schon mehrfach erörtert worden: Erstmals in dem vorläufigen Gutachten des Unterzeichneten (30. Sept. 1908), sodann in der gemeinsam mit Herrn Prof. *C. Schmidt* verfassten „Note géologique“ (8. Jan. 1909), zuletzt im Rapport der Herren *Hugi* und *Truninger* vom Mai 1909. Hinsichtlich der Deutung der allgemeinen geologischen Verhältnisse eines solchen Umgehungstunnels zeigen alle diese Rapporte weitgehende Uebereinstimmung.

Ebenso sind die diesem Berichte beigegebenen Tafeln II und III sozusagen nur die wenig abgeänderte Wiedergabe der Tafeln, welche den Rapporten vom 30. September 1908 und 8. Januar 1909 beigegeben waren. Tafel I erläutert im besondern den Gebirgsbau des Untersuchungsgebietes; sie ist der Abhandlung entnommen, die der Unterzeichnete gemeinsam mit *E. Truninger* verfasst hat (Nr. 8 d. Verz.).

II. Stratigraphie und Tektonik.

A. Stratigraphie.

Das Gebiet des Lötschbergtunnels gehört dem Westende des Aarmassivs an. Der Tunnel selbst hat in seinem südlichen und mittlern Teil den krystallinen Kern dieses Massivs zu durchfahren, d. h. sericitische Gneisse des Lötschentales und Gasterngranit. Der nördliche Teil dagegen kommt in die jüngern sedimentären Gesteine zu liegen, welche dem krystallinen Kern aufgelagert sind.

Bei der Besprechung der Gesteinsserie haben wir somit zu unterscheiden: *Krystallines Grundgebirge und sedimentäres Deckgebirge.*

a) Das krystalline Grundgebirge.

Innerhalb des Untersuchungsgebietes d. h. im nördlichen Teil des Tunnels ist das Grundgebirge nur repräsentiert durch den sog. *Gasterngranit* und durch *Aplitgänge,* welche den Granit durchsetzen.

Der *Gasterngranit,* ein normaler Biotit-Granit, bildet als geschlossener Stock das Hauptgestein im obern Gasterntal und lässt

sich talauswärts verfolgen bis fast zur Einmündung des Gabelbaches (vergl. Tafel II).

Der Gasterngranit bildet im Tal selbst die auffallenden wallartigen, von der Kander durchsägten Querriegel von Brandhubel und Staldi (vergl. Tafel II).

Tafel II lässt erkennen, dass die obere Grenze des Granites nach Westen, Nordwesten und Norden zu allmählich absinkt. Nördlich vom Dorf Gastern liegt die obere Grenze des Granites bei *Punkt 1* (vergl. Tafel II) in der Höhe von 1820 m. Von hier senkt sie sich nach Westen zu: *Punkt 2* befindet sich bei 1702 m, *Punkt 3* bei 1538 m, *Punkt 4* bei 1485 m; endlich verschwindet der Granit bei der Einmündung des Gabelbaches vollständig unter den quartären Alluvionen in einer Höhe von ca. 1450 m.

Wir sind zur Annahme berechtigt, dass auch in der Tiefe die Begrenzung des Granitstocks in ähnlicher Weise nach Westen, Nordwesten und Norden abdacht, wie dies oberflächlich erkannt werden kann. Auf diese Annahme stützen sich — wie unten zu zeigen sein wird — die Figur 2 der Tafel II und die Figuren 1—3 der Tafel III.

Die den Granit durchsetzenden *Aplitgänge* sind von ganz untergeordneter Bedeutung.

b) Das sedimentäre Deckgebirge.

Das Deckgebirge gliedert sich im Untersuchungsgebiete wie folgt:

Perm (?) und Trias	1. Granitbreccie, Arkose, Quarzite, „Verrucano".
	2. Röthidolomit.
Jura	3. Lias.
	4. Dogger.
	5. Malm.
Untere Kreide	6. Oberes Berrias (Kalke).
	6. Unteres Berrias (Mergel und Kalke),
	7. Valangien.
	8. Hauterivien (Kieselkalk und Bänderkalk).
Tertiär (Eocän)	9. Nummulitenbildung.

1. *Granitbreccie, Quarzit des „Verrucano"*. Ueberall, wo die obere Grenze des Granites untersucht werden kann, sehen wir den normalen Granit umhüllt von einem 5—15 m mächtigen, mit dem Granit aufs engste verknüpften und verwachsenen Gesteinskomplex; dieser besteht an seiner Basis aus verquarzten granitischen Breccien, währenddem das Dach gebildet wird von einer hellen Quarzitbank von einigen Metern Mächtigkeit (vergl. Tafel

III, Fig. 3). Diese Gesteine, besonders die Quarzite und quarzitischen Sandsteine sind mit dem Sammelnamen „*Verrucano*" belegt worden.

Die Frage, ob die „granitischen Breccien" als ein aus granitischem Trümmermaterial bestehendes Sediment aufgefasst werden müssen, oder ob wir es teilweise mit mechanischen Reibungsbreccien, entstanden bei der tertiären Gebirgsauffaltung, zu tun haben, oder ob sie endlich nur als Randfacies des Granites zu deuten sind, wie dies von *Hugi* und *Truninger* (Rapport No. 5, Mai 1909) vorgeschlagen wird, soll hier — weil für die Tunnelprobleme bedeutungslos — nicht diskutiert werden.

Die hellen Quarzitbänke im Dach der granitischen Breccien sind unzweifelhaft ächte Sedimente und entsprechen den Gesteinen, die vielerorts am Nordrande des Aarmassivs auftreten und welche mit dem Namen „Kontaktsandsteine" belegt worden sind.

Die Verbreitung und Bedeutung dieser Gesteinsgruppe ist aus den Tafeln I, II und III direkt ersichtlich.

2. *Röthidolomit.* Gelb anwitternde dolomitische Gesteine, wechselnd mit kieseligen Schiefern — beide der Gruppe des Röthidolomits angehörend — treten in geringer Mächtigkeit von ca. 5 m am Lötschenpassweg auf zwischen Schönbühl und Balm, wo sie direkt dem zum „Verrucano" gehörenden quarzitischen Sandstein aufruhen. An allen übrigen Stellen, wo sonst im Gebiete des neuen Tunneltrace diese Sandsteine entblösst sind, fehlt der ihn überlagernde Dolomit infolge mechanischer Ausquetschung entweder ganz, oder ist nur in Spuren vorhanden (vergl. Tafel III, Fig. 3).

3. *Lias* und 4. *Dogger*. Lias und Dogger, welche an den benachbarten Felswänden des Doldenhorns und Balmhorns anstehen, treten nicht in das engere Untersuchungsgebiet. Es ist deshalb wenig wahrscheinlich, dass diese Schichten im Tunnel angetroffen werden.

5. *Malm.* Die untersten Schichten des Malm werden durch wenig mächtige, gelbfleckige Kalke gebildet, die den sog. *Schiltkalken* der östlichen Schweizeralpen verglichen werden können. *Oxfordschiefer* scheinen ganz zu fehlen. Die über den Schiltkalken auftretenden schiefrigen Kalke sind als *Effingerschichten* zu deuten; sie werden ihrerseits bedeckt vom eigentlichen *Hochgebirgskalk.* Der Hochgebirgskalk, dessen normale Mächtigkeit auf ca. 100 m zu schätzen ist, bildet in liegende Falten gelegt, die hohen Kalkwände des Südabhangs des Fisistocks (vergl. Tafel II, Fig. 1).

Von grösstem Interesse für die Deutung des Gebirgsbaues und die Tunnelprognosen ist die Tatsache, dass sowohl nördlich

als südwestlich des Brandhubels ein schmales Band von Malmschichten verfolgt werden kann, das infolge mechanischer Ausquetschung des Röthidolomits, des Lias und des Doggers, mit anormalem Kontakt direkt den Quarziten des Verrucano aufliegt und bedeckt wird von Dogger. Auf diese Eigentümlichkeit wird unten noch genauer einzutreten sein.

6. Berrias. Die Berriasschichten, welche in der Südabdachung der Fisistöcke die Malmwände überlagern, setzen sich zusammen aus einer *untern, mergelig-kalkigen Partie,* und einer *obern* vorwiegend *massig-kalkigen.* Die Mächtigkeit jeder dieser Unterstufen dürfte auf 80—100 m geschätzt werden.

Die „Quartalberichte" sowie der Rapport der Herren *Hugi* und *Truninger* geben an, dass Schichten, die vermutlich dem *untern Berrias* angehören, im Tunnel zwischen 119 und ca. 1550 m ab N. P. angetroffen worden seien. Zwischen 1500 und 1600 m wurde ein allmählicher Uebergang vom Berrias zum Malm beobachtet.

Das *obere Berrias,* das im untern Teil der hohen Wand im Südabhang der Fisistöcke auftritt (vergl. Tafel III), wurde im Tunnel zwischen 80 und 119 m ab N. P. angefahren.

7. *Valangien.* Zum Valangien (im engern Sinne) kann eine Folge von teils mergeligen, teils massigen Kalken gestellt werden, die sich einschiebt zwischen die massigen Ober-Berriaskalke und das typische Hauterivien. Es bilden diese Schichten den obern Teil der Kalkmauer der Fisistöcke, treten aber nicht in das Tunnelprofil ein.

Vom rein geologischen Gesichtspunkte aus möchte ich hier folgende Bemerkungen beifügen: „Im „Vorläufigen Bericht" (30. September 1908) wurden diese Valangienkalke mit den Kalken des obern Berrias vereinigt unter der Bezeichnung *„Berrias-Valangienkalk"*, währenddem später (Rapport vom 8. Januar 1909 und Notiz über Doldenhorn-Fisistockgruppe) das ganze Kalkmassiv als *Valangien* bezeichnet worden ist. Unter Berücksichtigung neuer Untersuchungen ist der Unterzeichnete geneigt auf die im „Vorläufigen Rapport" vertretene Anschauungsweise zurückzukommen. Die hohe Kalkmauer zwischen Unter-Berrias und typischem Hauterivien wäre demnach zu zerlegen in einen untern Teil = Oberes Berrias und einen obern Teil = Valangien im engern Sinne.[2]) In

[2]) Verschiedene Zuschriften, die mir nach der Versendung der Doldenhorn-Fisistocknotiz zugegangen sind, bestärken mich darin, meine erste Auffassung als richtigere aufzufassen. In Anlehnung an die in den östlichen helvetischen Alpen gebräuchliche Nomenklatur wäre die geschlossene Kalkmauer des Ober-Berrias als sog. Oehrlikalk zu bezeichnen, welche Benennung neuerdings auch von *H. Schardt* für dieselben Schichten gebraucht

der Südwand der Fisistöcke ist die Basis des Valangien durch wenig mächtige Mergeleinlagerungen gekennzeichnet.

8. *Hauterivien.* (Kieselkalk und Bänderkalk.) Ueber den Valangienkalken treten in einer Mächtigkeit von 80—100 m dunkelbraun anwitternde Gesteine auf. Es bestehen dieselben im untern Teil aus sandigen, kieseligen Kalken, *Kieselkalken,* die nach oben immer kieselreicher werden, so dass sich zuletzt grünliche, fast quarzitische Gesteine entwickeln. Man hat diese letztern Gesteinstypen neuerdings mit dem Namen *Bänderkalk* belegt.

Im untern Teil dieser Serie, in den Kieselkalken fanden sich sowohl am Gemmiweg, als auch im Gebiet der Fisistöcke Versteinerungen, die sich als Seeigel und zwar mit Sicherheit als *Toxaster complanatus* bestimmen liessen. Durch diese Fossilfunde ist das Alter dieser Schichten genau fixiert: sie entsprechen dem *Neocom* und zwar speziell dem *Hauterivien,* und da die über Kieselkalk folgenden Bänderkalke aufs engste mit den erstern verknüpft sind, ist man geneigt, auch noch die Bänderkalke selbst dem Hauterivien beizuzählen, sie dürften Oberes Hauterivien darstellen.

Die Hauptverbreitung zeigen die Hauterivien-Schichten am Stock (Gemmiweg), ferner im Gebiete des Fisischafberges und der Fisistöcke. Ferner sind es wesentlich diese Schichten, welche den Steilhang des Fisischafbergs über dem Tunnelnordportal aufbauen.

9. *Nummulitenbildung.* Da im Untersuchungsgebiete Horizonte der mittlern und obern Kreide fehlen, finden wir die Bänderkalke direkt bedeckt von *alttertiären Ablagerungen.*

Die an der Basis des Alttertiärs auftretenden Spuren von *Bohnerz,* welche am Fisistock und in der Umgebung von Schwarenbach (Gemmiweg) nachgewiesen worden sind, werden überdeckt von *Nummuliten und Lithothamnien führenden Kalken und Sandsteinen* (Hohgantsandstein), die in schöner Ausbildung namentlich am Gemmiweg zwischen Kandersteg und Stock und an der Winteregg, ferner in der obersten Gipfelregion der Fisistöcke auftreten.

B. Tektonik.

Anlässlich der Beschreibung der Gesteinsfolge wurde hervorgehoben, dass im Untersuchungsgebiet dem nach W., NW. und N.

wird (Coup d'oeil sur la géol. et la tect. des Alpes du canton du Valais) (Bull. soc. Murithienne sc. nat. du Valais, XXXV p. 288). Auf weitere stratigraphische Detailfragen brauche ich nicht einzutreten, da diesbezügliche Untersuchungen von anderer Seite ausgeführt werden (Anmerkung vom 9. Mai 1910).

gleichförmig sich abdachenden Granitstock von Gastern sedimentäre Gesteine aufgelagert sind. Die Lagerungsverhältnisse der Sedimente zeigen nun folgende Eigentümlichkeiten: *Die als Granitbreccien und Quarzite bezeichneten Gesteine bilden einen mit dem Granitstock fest verwachsenen Mantel. Alle jüngern Schichten vom Röthidolomit bis zum Tertiär erscheinen energisch gestört und in weit ausgreifende liegende Falten gelegt, deren Stirnen ausnahmslos gegen Nordwesten gerichtet sind* (vergl. Taf. I und III).

Dieser scharfe Gegensatz, der hinsichtlich des Gebirgsbaues zwischen dem Granitkern (mit seiner Hülle von Breccien und Quarziten) und dem jüngern Deckgebirge besteht, lässt sich nur in der Weise erklären, dass bei der Auffaltung der Alpen zur Tertiärzeit der Granitkern samt seinem „Verrucano"mantel sich relativ starr verhielt, während die jüngern Sedimente durch eine aus dem Innern des Alpengebirges wirkende Kraft von Granitkern abgeschoben und nach NW. gepresst wurden und sich dabei in ein System liegender Falten legten.

Auf Tafel I ist versucht worden, die tektonischen Verhältnisse, wie sie im mittlern Teile des Gasterntales zu erkennen sind, dem Gesamtbau des westlichen Aarmassivs einzufügen. Dem Profil 4 der Tafel I entsprechend hätten wir in den Fisistöcken die Kreidestirne einer gewaltigen Ueberfaltungsdecke zu erblicken, deren Wurzelregion wir am Nordhang des Lötschentales direkt südlich der enggeklemmten Kalkmulde von Sattelegi zu suchen hätten. Die zu den Kreidefalten der Fisistöcke gehörenden jurassischen Kerne bauen die Doldenhorngruppe auf, während die krystalline Kuppe des Hockenhorns, welche auf jurassischen Sedimenten und Dolomiten schwimmt, als letzter Rest des krystallinen Kerns der Ueberfaltungsdecke zu deuten wäre.

Diese Erklärung der tektonischen Verhältnisse, welche zunächst in den Rapporten vom 30. September 1908 und 8. Januar 1909 vorgeschlagen worden war, und dann eingehend diskutiert wurde in der gemeinsam mit *E. Truninger* verfassten Doldenhorn-Fisistocknotiz, hat neuerdings ihre Bestätigung erlangt in den geologischen Befunden auf der Südseite des Lötschbergtunnels: Zwischen 3296 und 3586 m ab Südportal hat der Tunnel den malmführenden Sattellegikeil durchfahren, wie dies auf den Profilen 4 und 5 der Tafel I vorgesehen worden war.

Infolge dieses Ueberschiebungsvorgangs und damit verbundener, gewaltiger Ausquetschungen kommt im mittlern Gasterntal *verkehrt* liegender Kalk des obern Jura in direkten Kontakt mit dem Verrucanomantel des Granitstockes, und in ähnlicher Weise dürften sogar in der Fortsetzung nach Nordwesten zu in der Tiefe direkt

unter den Fisistöcken noch jüngere Schichten und zwar sukzessive Berrias, Valangien, Hauterivien und Nummulitenbildungen an das Granitmassiv treten, entsprechend der schematischen Darstellung auf Tafel I. Wie sich in der Tiefe unter Eggenschwand über dem Granit allmählich die *normal* liegende Sedimentserie entwickelt, die ursprünglich wahrscheinlich auf dem Granitstock aufruhte, entzieht sich direkter Beobachtung ganz. Diese Deutung der tektonischen Verhältnisse stützt sich auf die mannigfachen tektonischen Analogien, welche das Westende des Aarmassivs mit dem Nord-Ostende des Montblancmassivs zeigt, wo an der Dent de Morcles und an der Dent du Midi oberflächlich ein Gebirgsbau tatsächlich erkannt werden kann, wie wir ihn aus den Beobachtungen in Gastern für die Tiefe unter Kandersteg glauben voraussetzen zu müssen.

In ähnlicher Weise wie in den andern Ueberschiebungsdecken der Schweizeralpen können wir auch im Untersuchungsgebiet feststellen, dass die ältern Schichten als liegende Faltenkerne in den höhern Regionen der Bergabhänge zurückbleiben. Wo beim Gabelbach Granit und Verrucano im Talboden untertauchen, tritt überm Verrucano sofort Malm auf in verkehrter Lagerung (vergl. Tafel II und III).

Es ist ohne weiteres klar, dass diese Feststellungen von grosser Bedeutung sind für die Prognose des Tunnels: Wie die Profile der Tafeln I und II erkennen lassen, sind wir zur Annahme berechtigt, dass nach der Durchfahrung des Malm weder Dogger, noch Lias, noch Röthidolomit angetroffen werden wird, sondern dass unter dem Malm sofort quarzitischer Verrucano erwartet werden muss, der sehr bald von Granit unterteuft wird.

III. Das Gebiet der Granitquerriegel von Staldi-Brandhubel.

Es wurde oben erwähnt, dass das neue Trace im Gebiete der Granitquerriegel von Staldi-Brandhubel das Gasterntal unterfahren wird. Eine eingehende Untersuchung der Granitriegel von Brandhubel und Staldi war deshalb unumgänglich nötig.

Die Granitriegel von Staldi-Brandhubel trennen den Talboden des obern Gasterntals, wo sich das Dörfchen Gastern befindet, von der breiten Alluvialebene, die unter dem Namen Gasternboden bekannt ist. Im Gebiete dieser Querriegel ist der Tallauf auf eine ca. 1 km lange Strecke eng und wild; mehrfach treten an den Ufern der Kander hohe Granitwände auf.

Das charakteristische Moment dieser Talstrecke besteht nun im Auftreten von *2 scharf ausgeprägten Granitriegeln,* die sich

hintereinander mauerartig quer durchs Tal legen. Die Oberflächengestaltung dieser beiden Riegel ist eine sehr mannigfaltige; allenthalben sind die Spuren der ehemaligen Eisbedeckung in Gletscherschliffen und Rundhöckern deutlich erkennbar.

Der obere der beiden Riegel bedingt nordwestlich des Dörfchens Gastern die runde Kuppe des *Brandhubel* und sei deshalb als *Brandhubel-Querriegel* bezeichnet; der untere Granitriegel trägt nördlich der Kander die kleine Wiesenparzelle von *Staldi* und sei dementsprechend *Staldi-Querriegel* genannt (vergl. Tafel II). Jeder der beiden Riegel repräsentiert eine eigene orographische Einheit. Zwischen den beiden Riegeln liegt eine weite, schutterfüllte Depression, der sog. Staldibruch (vergl. Tafel II).

Wie aus der Karte (Tafel II) ersichtlich ist, bildet keiner der beiden Riegel einen ununterbrochenen Damm quer durch's Tal:

Im Gebiete des *Brandhubel-Querrriegels* zeigt die Oberflächenuntersuchung, dass ausser der jetzigen Kanderschlucht noch zwei alte Talwege existieren: der eine im Norden des Brandhubels, der andere im Süden des Burghubels. Ausserdem zeigt auch die heutige Kanderschlucht sehr komplizierte Verhältnisse:

Die enge Schlucht zwischen Burghubel und Brandhubel verläuft zunächst geradlinig nach Nordwesten. Nördlich Burgwald (Tafel II) verlässt die Kander die gerade Richtung und beschreibt einen nach Norden offenen Bogen, um südwestlich von Staldibruch wieder in die Nordwestrichtung einzulenken. In diesem gebogenen Teil der Schlucht sägt sich die Kander gegenwärtig in Granit ein. Die Granitschwellen sind nur im Winter bei sehr niedrigem und klarem Wasser zu erkennen.

Eine genaue Begehung dieser Strecke der Kanderschlucht führt zu folgenden Resultaten:

Man ist berechtigt anzunehmen, dass sich die nördlich und nordwestlich vom Burghubel verlaufende Kanderschlucht aus zwei durchaus verschiedenen Stücken zusammensetzt: Das obere, gerade, nordwestlich gerichtete Stück ist *alt* und setzte sich früher in gerader Richtung nordwestwärts fort, wie dies auf Tafel II angedeutet worden ist. Diese alte Schlucht ist wahrscheinlich zur Zeit der letzten Vergletscherung vollständig mit Moräne ausgefüllt worden und im Anschluss an diese Ausfüllung der Abflussrinne hat sich oberhalb des Brandhubelriegels der ebene Talboden von Gastern gebildet. Später hat die heutige Kander die aufgefüllte alte Schlucht teilweise wieder ausgefegt und Hand in Hand damit auch im Schuttboden von Gastern eine Erosionsrinne erzeugt. Nördlich „Burgwald" aber verlässt die Kander heute die alte Schlucht und fliesst in gewundenem Laufe über auf die Nordwestabdachung des

Burghubels, in dessen Granit sie sich einsägt. Diese Talstrecke weist mehrfach Granitschwellen auf und ist *junger* Entstehung. Es liegt somit eine epigenetische Schlucht vor. Eine Schürfung, die am rechten Kanderufer südlich von Staldibruch (vergl. Tafel II) ausgeführt worden ist (Winter 1908/09) bestätigte diese Auffassung und legte eine alte, schutterfüllte Kanderschlucht frei. Diese alte Schlucht bildete früher die direkte Verlängerung der heutigen Schlucht nördlich des Burghubels.

Allein dieser alte Talweg kann keine grosse Tiefe besessen haben. Dank dem aussergewöhnlich niedern Wasserstande haben Untersuchungen im Januar 1909 das sichere Resultat geliefert, dass am obern Ende der Schlucht der Granit des Burghubels in sichtbarem Zusammenhang steht mit dem Granit des Brandhubels. Bezeichnenderweise treten die Felsschwellen am alleroberstcn Ende der Schlucht gegen den ebenen Talboden des obern Gasterntales auf (vergl. Tafel II). Die Durchsägung des Granitriegels von Staldi-Brandhubel durch rückgreifende Erosion ist soweit vorgeschritten, dass im Kanderbett Granitschwellen nur noch am obersten Rande des Querriegels gegen das durch Glacialerosion übertiefte Becken von Dorf Gastern auftreten.

Der Nachweis dieser Schwellen ist von hoher Bedeutung. Mit grösster Wahrscheinlichkeit stellt das heutige Kanderbett die tiefste Erosionsrinne innerhalb des Staldi-Brandhubelquerriegels dar. Diese Annahme wird einerseits gestützt durch die Tatsache, dass die heutige Kanderschlucht genau in der Verlängerung der Mittelaxe des Talbodens von Dorf Gastern liegt und dass anderseits die mutmasslichen alten Talläufe südlich Burghubel, resp. nördlich Brandhubel orographisch viel weniger hervortreten als die heute durchflossene Schlucht. Wenn nun in dieser letztern, wie nachgewiesen werden konnte, Schwellen von anstehendem Granit von Ufer zu Ufer sich finden, so spricht das dafür, dass im Gebiete des Brandhubels die Erosion überhaupt kaum tiefer gegriffen haben könne als eben bis aufs Niveau dieser Schwellen.

Es bleibt zu erwähnen, dass gegenwärtig nördlich vom Brandhubel Nachgrabungen gemacht werden um genaue Auskunft zu erhalten über den geologischen Charakter der nördlich vom Brandhubel verlaufenden Depression, in welcher wir einen alten Talweg vermuten. Diese Schürfungen haben bis jetzt folgende Resultate gegeben: Ein Schacht, Schacht II, angesetzt bei 1593 m nordwestlich Brandhubel (vergl. Tafel II) hat den anstehenden Granit der Nordabdachung des Brandhubels bei 25 m getroffen. Von diesem Punkt aus wurde ein fast horizontaler Stollen in nördlicher Richtung getrieben. Anlässlich des letzten Besuches des

Unterzeichneten (27. Juli 1909) hatte dieser Stollen eine Länge von 80 Metern ohne dass der Granit des Nordrandes der Depression erreicht worden wäre. Die die Depression erfüllenden Schuttmassen bestanden zunächst aus kalkigem Bergsturzmaterial (55 m), hierauf aus Moräne mit geritzten Geschieben (25 m). Obwohl hiemit gezeigt ist, dass die Breite der Depression eine recht bedeutende ist, was auch für eine beträchtliche Tiefe spricht, so dürfen wir die Tatsache nicht vergessen, dass das Niveau des im Bau befindlichen Stollens noch 70 m über den Granitschwellen der jetzigen Kanderschlucht liegt.[3])

Unterhalb des Brandhubel-Querriegels ist das Tal auf eine Strecke von ca. 500 m von quartären Bergsturz- und in der Tiefe wohl auch von Moränemassen erfüllt, mit denen sich die Schuttkegel einiger vom Doldenhorn herunterkommender Wildbäche vereinigen. Hier im Gebiete von Staldibruch ist im Winter 1908/09 ein anderer Schacht, Schacht I (vergl. Tafel II) gebaut worden. Für diesen Schacht wurde eine Stelle gewählt, die 1476 m über Meer liegt, ca. 70 m nördlich des Weges nach Gastern.

Anstehender Granit ist von dieser Stelle aus gegen Norden und Westen 120 m, gegen Süden 240 m weit entfernt. Nach den Profilen, die dem Rapport vom 9. Januar 1909 beigegeben waren, sollte hier der anstehende Granit 45 m tief unter der Oberfläche angetroffen werden. Der Schacht traf den normalen anstehenden Gasterngranit in der Tiefe von 41 m. Beim Abteufen des Schachtes nahm Herr Ingenieur Seeberger ein Profil der Schuttmasse auf. Bis auf etwa 10 m Tiefe durchsank man junge Wildbach-Schuttmassen, während der Rest des Schachtes anscheinend in fluvioglacialen Ablagerungen verläuft. An den grossen und kleinen, gerundeten und eckigen Stücken von Granit und Kalk konnten Gletscherschrammen bisher nicht nachgewiesen werden.

---

[3]) Der Vollständigkeit halber füge ich über den weitern Verlauf dieser Schürfung das Folgende bei: Nachdem der Stollen noch weitere 35 m durch Grundmoräne nordwärts getrieben worden war und also eine Gesamtlänge von 115 m erreicht hatte, traf man auf den glacial geschrammten Granit des nördlichen Talrandes. Um überzeugt zu sein, dass die gewachsenen Felsen und nicht etwa bloss Granitblöcke vorlägen, wurde die Granitoberfläche in NW-SE-Richtung auf eine Länge von 4,5 m blossgelegt.

Auf dem Grunde dieses Stollens (Niveau 1568 m) wurde sodann in einer Entfernung von 60 m vom Granit des Brandhubels ein zweiter Schacht angesetzt, der über die Tiefe des alten Talweges hätte Auskunft geben sollen. Nachdem man 15 m in Moräne abgeteuft hatte, wurden die Arbeiten am 8. Oktober 1909 sistiert infolge der Schwierigkeiten, die das Grundwasser bereitete (Anmerkung vom 8. Mai 1910).

Um sicher zu sein, dass der Stollen wirklich auf dem granitischen Untergrunde angelangt sei, wurde auf dem Granit ein erster Stollen 12 m weit nordwärts getrieben, ein zweiter 8 m südwärts. Die dem Granit aufliegende Schuttmasse besteht hier in der Mächtigkeit von 1,85 m aus sandigem Lehm mit Granit- und Kalkblöcken, die z. T. eckig z. T. kantengerundet sind. Darüber liegt eine 15 cm mächtige Schicht von gelbem, zähem Lehm. Eine Schicht von feinem Sand erscheint im Dach an der nördlichen Stollenbrust. Der Stollen hat die Anwesenheit des anstehenden Granits zweifellos erwiesen.

Schacht I liegt vom Umgehungstrace horizontal nur 25 m entfernt und wurde deshalb in die Figuren 1 und 4 der Tafel III eingetragen.

Der *Staldi-Querriegel* zeigt trotz seiner geringern Höhe ähnlich komplizierten Bau wie der Brandhubelriegel. Wie aus der Karte, Tafel II, ersichtlich ist, wird der Rundhöcker von Staldi, der die gleichnamige Hütte trägt, nordöstlich von einer Depression begrenzt, die sich nordwestwärts bis zum Fussweg hinab verfolgen lässt. Zwischen der Staldihütte und dem Fussweg wird diese Depression an ihrem südwestlichen Rande stellenweise von einer 1—2 m hohen Granitkante überragt, die man am südlichen Rand einer ehemals hier verlaufenden Talschlucht deuten möchte. Demnach würde dann die nördlich Staldi durchziehende Depression einem *alten,* jetzt zugefüllten *Tallauf* entsprechen. Auf Tafel II ist dieser Tallauf in mutmassliche Verbindung gebracht worden mit demjenigen, welchen wir nördlich Brandhubel angenommen haben.

Südlich des Staldihügels fliesst die Kander in einer Schlucht, deren Wände von Granit gebildet werden; die Talschlucht ist viel breiter als beim Burghubel, das Gefälle des Flusses gering. Gesteinsschwellen fehlen ganz, allenthalben begegnen wir im Flussbette Geröll- und Sandbänken. Der Granithöcker von Staldi setzt sich am Südufer der Kander in einer Granitkante fort, die indes bergwärts gleich von Gehängeschutt bedeckt wird (vergl. Tafel II). Erst viel höher oben treten im Walde wieder zusammenhängende Granitfelsen zu Tage. Ob unter dieser Schuttdecke, die am Berghang südlich über der Kander einen leichten Böschungsbruch erkennen lässt, noch ein weiterer Tallauf analog dem südlich des Burghubels versteckt liegt, muss dahingestellt bleiben.

Zusammenfassend gilt somit über die *Granitbarre von Brandhubel-Staldi* das Folgende:

Die Barre Brandhubel-Staldi, welche eine tektonische Einheit bildet, gliedert sich in zwei scharf voneinander getrennte Querriegel, die sich wallartig durchs Tal legen. Dabei zeigt sich, dass die

talaufwärts gerichtete, südöstliche Abdachung der Wälle durchgehends sehr steil erscheint, während die Böschung talauswärts meist eine viel flachere ist. Keiner der beiden Riegel bildet oberflächlich eine geschlossene Brücke durch das Gasterntal. Die Oberflächengestaltung spricht dafür, dass ausser der jetzt von der Kander durchflossenen Schlucht beim Brandhubel noch zwei, bei Staldi mindestens noch eine alte Flussrinne existieren, die entweder von der Kander selbst oder dann von parallel fliessenden Schmelzwasserläufen an der Stirn des diluvialen Kandergletschers geschaffen worden sind. Ueber die Tiefe dieser alten Erosionsrinnen fehlen uns Anhaltspunkte ganz; aber das Vorhandensein von Granitschwellen in der heutigen Kanderschlucht beim Brandhubel, in der eigentlichen Axe des Tales und in einem 250 m über dem Tunneltrace liegenden Niveau, erlaubt uns mit absoluter Sicherheit anzunehmen, dass der Umgehungstunnel das Gasterntal im anstehenden Granit unterfahren wird.

IV. Geologische Prognose für den nördlichen Teil des neuen Tunneltrace bis Kilometer 8 vom Nordportal.

Aus der oben gegebenen geologischen Beschreibung lässt sich für den nördlichen Teil des Umgehungstunnels folgende Prognose ableiten.

Im nördlichen Tunnelteil sind zu unterscheiden 1. eine sedimentäre Zone und 2. eine granitische Zone.

Die sedimentäre Zone umfasst die nördliche Strecke bis etwa 3500 m ab N. P. Die Durchbohrung dieser Zone ist schon sehr weit vorgeschritten; beim letzten Besuche des Unterzeichneten (26. Juli 1909) stand der Vorort bei 2748 m. Da der tägliche Fortschritt etwa 10 m beträgt, so wird die sedimentäre Zone sehr bald durchfahren sein.

Die Ergebnisse der Tunnelbohrung, die uns durch die Quartal-Berichte bekannt sind, konnten im ersten Profil der Tafel III verwertet werden. Nachdem der Tunnel zunächst Gehängeschutt durchfahren hat, trat er bei 80 m in Kalk des obern Berrias ein. Von 119 bis ca. 1550 m gehört das durchfahrene Gestein dem untern Berrias an. Späterhin trat man in Ober-Jurakalk ein und hat denselben bis jetzt (26. Juli 1909) noch nicht verlassen.

Die allgemeinen geologischen Verhältnisse der Gegend erlauben uns die Voraussage, dass man bis etwa zur Progressive 3500 m in den Kalken bleiben wird.

Die Kalkschichten sind schwach nach NW. geneigt, der Neigungswinkel dürfte 10—30° betragen. Die Streichrichtung der

Schichten bildet mit der Tunnelrichtung einen Winkel von ca. 60—80°.

Man ist ferner zur Annahme berechtigt, dass die verkehrten Berriasschichten, welche die Unterlage der liegenden Malmfalten bilden, sich als dünnes Band bis in's Tunneltrace fortsetzen könnten, sich einschiebend zwischen den Malmkalk und den Quarzitmantel des Granits. Das Vorhandensein des Berrias am anormalen Kontakt würde sich nur in einem gewissen, mehr schiefrigen Charakter der Kalke ausprägen.

Die Stelle, wo die *Grenze zwischen Kalk und Granit* vorauszusetzen ist, erheischt unser besonderes Interesse. Wir konnten feststellen, dass im Staldi-Brandhubelgebiet die Oberfläche des Granites in ziemlich regelmässiger Weise nach NW. zu abdacht. Diese Regelmässigkeit der Neigung zeigt sich in der Tatsache, dass die vier Punkte — P_1 bis P_4 — auf einer fast geraden Linie liegen (vergl. Tafel II, Fig. 2). Indem wir uns auf diese Beobachtung stützen, sind wir zur Annahme berechtigt, dass die Oberfläche des Granites auch nach der Tiefe zu die gleiche Neigung besitze. Diese Annahme liegt den Profilkonstruktionen der Tafel III zugrunde. Mit Sicherheit ist damit zu rechnen, dass der anormale Kontakt zwischen Kalk und Granit zwischen den Progressiven 3450 und 3600 m ab N. P. durchfahren werden wird.

Die Progressive 3500 m, die in Fig. 1, Tafel II für die Begegnung des Kontaktes angegeben ist, repräsentiert nur einen Mittelwert. Eine mehr oder minder starke Neigung des Granitmassivs wird die Stelle des anormalen Kontaktes in nicht unbeträchtlichem Masse im einen oder andern Sinne verschieben.

Die *speziellen Verhältnisse am Kontakt des Granites mit dem Kalk* sind in Fig. 3 der Tafel III dargestellt. Es stützt sich dieses Profil auf die Beobachtungen, die am Nordabhang des Gasterntals über dem Brandhubel gemacht werden konnten, d. h. also direkt über dem neuen Trace. Gegen den anormalen Kontakt hin gehen die grauschwarzen Kalke, die dem untern Berrias (eventuell auch noch dem obersten Jura) angehören, allmählich über in einen weissen, kristallinen, gebänderten Kalk von ca. 0,5 m Mächtigkeit. Die unterste Begrenzung des Kalkes wird durch eine Gleitzone gebildet, auf der sich wahrscheinlich Spuren von Dolomit finden. Diese Gleitzone entspricht dem eigentlichen anormalen Kontakt. Hierauf wird sofort eine ca. 1,5—2 m mächtige Quarzitbank folgen. Unter diesen Quarziten und enge mit ihnen verknüpft, beginnen granitische Breccien, die allmählich zum ächten „Gasterngranit“ überleiten.

Da die Neigung der Granitoberfläche ca. 25° beträgt, wird der anormale Kontakt zuerst in der Tunnelsohle und zwar zunächst am rechten Stoss angefahren werden. Nach der Durchfahrung des anormalen Kontaktes wird der Tunnel in die *granitische Zone* eintreten, in welcher er unter dem Gasterntal bis Kilometer 8 verlaufen wird (vergl. Tafel III, Fig. 3 und 4).

Ueber die *hydrologischen Verhältnisse* der nördlichen Tunnelstrecke lässt sich folgendes voraussetzen:

Wasserzuflüsse in Form von Quelladern sind zu gewärtigen in der im Kalk zu durchfahrenden Strecke.

Es ist möglich, dass in der Zone des anormalen Kontaktes, welche Kalk und Granit trennt, starke Wasseradern zirkulieren, dies namentlich deshalb, weil der anormale Kontakt seitlich in direkter Verbindung steht mit den wassergedrängten Massen des Taltroges des Gasternbodens (vergl. Fig. 2 der Tafel III).

Die Klüftigkeit des Granites wird namentlich unterm Gasterntal bei Staldi-Brandhubel reichliche Wasserinfiltrationen bringen.

Ueber die im Tunnel zu erwartende Felstemperatur sind wir nicht in der Lage, Angaben zu machen.

Basel, 18. August 1909. sig. Dr. *A. Buxtorf.*

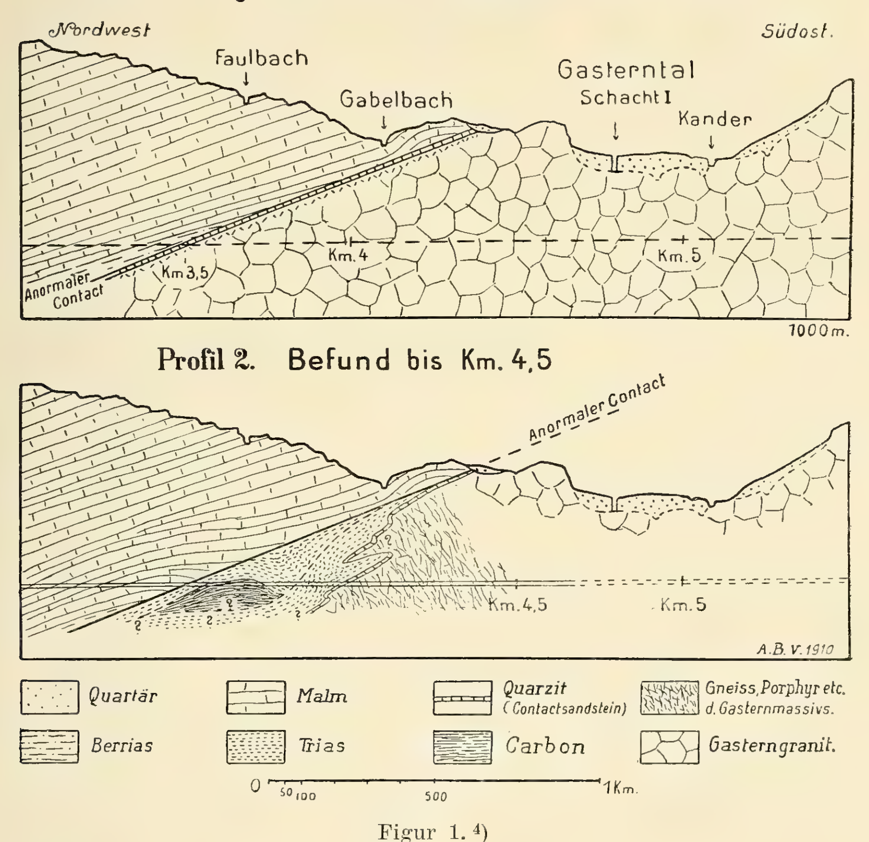
B. Einige Bemerkungen über den bisherigen Befund beim Tunnelbau.

Im Auftrage der „Entreprise générale“ hatte ich, beginnend mit der Progressive 3340, die Aufschlüsse im Tunnel Schritt für Schritt zu verfolgen. Während meiner Landesabwesenheit (Januar bis März 1910) wurden diese Untersuchungen von den Herren Prof. *C. Schmidt* und Dr. *H. Preiswerk* weitergeführt. Es entstand auf diese Weise ein detailliertes Profil der Tunnelstrecke 3340—4060 ab N. P., das sich auf der nebenstehenden Textfigur (S. 239) stark verkleinert wiedergebe, lediglich zu dem Zwecke, um Prognose und bisherigen Befund wenigstens in ihren Grundzügen mit einander vergleichen zu können. Auf irgend welche Detailfragen brauche ich dabei umso weniger einzutreten, als ja der Lötschbergtunnel durch die Herren Prof. *E. Hugi* und Dr. *E. Truninger* in eingehendster Weise bearbeitet wird.

Das Verhältnis von Prognose und bisherigem Befund ist aus den beiden Profilen der nebenstehenden Textfigur 1 ersichtlich.

Das untere Ende des Hochgebirgskalkkomplexes, d. h. der anormale Kontakt, traf genau da ein, wo die Prognose im Mittel dies

vorgesehen hatte, d. h. bei 3500 m ab N. P. Angeschlagen wurde der Kontakt am rechten Stoss der Sohle bei 3483 m, von hier steigt er weil schief angeschnitten, mit nur 14° Neigung an und verlässt die Tunnelfirste bei 3507,5 m. Das Mittel beider Zahlen gibt 3495,25 m; die Differenz gegen das Mittel der Prognose beträgt somit nur etwas mehr als 4 Meter.



Figur 1. [4])

Ob die Kalke am anormalen Kontakt dem untern Berrias oder dem obern Malm zuzuweisen sind, muss unentschieden bleiben. Die auch in der Prognose angedeutete Diskordanz zwischen Schichtung des Kalkes und Fläche des anormalen Kontaktes war lokal noch etwas ausgeprägter.

---

[4]) Durch ein Versehen sind in der Zeichenerklärung die Granitbreccien, die im Profil 1 im Dach des Granites angegeben sind, nicht erwähnt worden.

Beim Anfahren des anormalen Kontaktes stellten sich, wie vermutet worden war, starke Quellen ein. Eine in geringer Entfernung unter der Tunnelsohle zirkulierende starke Quellader von ca. 200 sl (anfänglich) blähte die Tunnelsohle bis zur Firste auf und brach dann in den Tunnel ein, Sand und Gesteinstrümmer mit sich führend.

Bis dahin hatte die Prognose sozusagen ihre wörtliche Bestätigung gefunden; von der Durchfahrung des anormalen Kontaktes an aber versagte sie vollständig.

Wie Figur 3 der Tafel III angibt, wurden in der Zone des anormalen Kontaktes nur Spuren von Triasdolomit vorausgesetzt. Statt dessen durchfuhr man zunächst eine mit dem anormalen Kontakt ziemlich konkordant verlaufende Triasserie, die sich zuletzt wesentlich aus Gips zusammensetzte. Im Liegenden der Gipse stiess man bei 3350 m ab N. P. auf söhligliegende, schwarzgraue Tonschiefer mit quarzitischen Linsen und Bänken und seltenen quarzitischen Konglomerateinlagerungen. Dieser ganze Schichtkomplex zeigt gelegentlich auf Klüften, namentlich aber in der Grenzzone gegen die Trias mit Graphit beschlagene Rutschflächen. Die ausserordentlich grosse petrographische Aehnlichkeit dieses ganzen Schichtkomplexes mit den Carbonbildungen des Wallis, namentlich das Auftreten von Gesteinen, die den Valorcinekonglomeraten verglichen werden können, bestimmten Dr. Preiswerk und den Verfasser, diese ganze Gesteinsserie dem *Carbon* zuzuweisen (Tunnelbesuch vom 24./25. Nov. 1909). In ihrem letzten Teile zeigten diese Carbonbildungen schwaches Südfallen und wurden endlich bei 3740 m ab N. P. konkordant wieder von einer Triasserie bedeckt, die im Detail ähnliche Gliederung erkennen liess wie diejenige unterm anormalen Kontakt, nur trat Anhydrit an Stelle von Gips. Den Lagerungsverhältnissen zufolge dürfte das Carbon eine flache Kuppel bilden.

Innerhalb der Trias scheint bei 3830 m eine wichtige tektonische Linie zu verlaufen, indem an dieser Stelle sericitische Quarzite (vorn) scharf absetzen gegen Anhydrit und Dolomitbreccie (hinten). Die letzteren Schichten zeigten zunächst äusserst gestörte Lagerung, erst später stellte sich eine regelmässigere, nach NW. abfallende Lagerung ein. Zwischen 3960 und 3970 wurde der „Kontaktsandstein" durchfahren.

Damit war man im kristallinen Gebirge angelangt. Allein auch hier zeigte sich gegenüber der Prognose insofern ein Unterschied, als nicht sofort Granit angeschlagen wurde, sondern zunächst vorwiegend porphyrische und aplitische Gesteine, auf welche von ca. 4150 m bis ca. 4650 m vorwiegend gneissartige Gesteine (Biotit-

gneisse, Injektionsgneisse) folgten. Erst von ca. 4660 m an bewegt sich der Tunnel anscheinend im geschlossenen Granitmassiv.[5])

Soweit der bisherige Befund (Mai 1910). Es bedarf keiner langen Auseinandersetzungen darüber, dass vom tunneltechnischen Standpunkte aus der Befund ungleich *ungünstigere* Verhältnisse angetroffen hatte als in der Prognose vorgesehen worden war. Statt „Spuren von Dolomit" hatte man tatsächlich auf einer fast 500 m langen Strecke Triasgesteine und Carbonschiefer angefahren. Die Trias erwies sich zwar, mit Ausnahme der Zone direkt unter dem anormalen Kontakt, meist als standfest, führte aber namentlich im hintern Teil *Anhydrit*. Die söhligen Carbonschiefer wiederum begannen bald nach der Durchfahrung aufzublättern und wurden *druckhaft*.

Legen wir uns nun zum Schlusse die Frage vor, ob eine noch genauere Oberflächenuntersuchung es vielleicht ermöglicht hätte, diese grossen Differenzen zwischen Prognose und Befund zu vermeiden, so glaube ich, dieselbe mit gutem Gewissen verneinen zu dürfen. Alle geologischen Prognosen sahen zwischen Kalk und Granit nur eine ganz geringe Triaszwischenzone voraus, weil eben alle Beobachtungen im Gasterntal in der Nähe des Tunnels einstimmig dahin zu deuten schienen. Statt dessen hatte man es aber mit ausserordentlich mächtigen Triasmassen zu tun: Die Entfernung vom Beginn des Kristallinen im Tunnel bis zum anormalen Kontakt beträgt senkrecht gemessen *200 m* und diese ganze Breite ist wahrscheinlich nur von Trias erfüllt.

Der Hauptgrund, der den Verfasser bestimmte, weitgehende Ausquetschung der Trias anzunehmen, war folgender: Als man auf der *Südseite des Lötschbergtunnels* den obern Kalkkeil der Jungfrau durchfuhr, *fehlte* zwischen dem Malmkalke und dem kristallinen Kern des Gasterngranitmassivs *jegliche Spur triassischer Bildungen.* Dieser Befund entspricht im Prinzip genau den Profilen 4 und 5 der Tafel I. Die dünne, wohl überall verkehrt liegende Malmplatte des obern Jungfraukeils umspannt das ganze Gasterngranitmassiv in gleicher Weise. Allerorts tritt der Malm, wenn er nicht lokal ganz ausgequetscht ist, in unmittelbarer Nähe des Kristallinen auf, so auch auf der Nordseite des Gasterntals überm Tunneltrace beim Gabelbach. Die Entfernung zwischen dem Kontakt des Malm mit dem Kristallinen im Tunnel bei Goppenstein bei 3583 m ab Südportal, und dem gleichen Kontakt am Gabelbach beträgt im Bogen

[5]) Ausführlichere Angaben über die eben beschriebene Tunnelstrecke hat *E. Truninger* gegeben im Quartalbericht No. 13, sowie in den monatlichen Bulletins No. 35—41 der Berner Alpenbahn-Gesellschaft Bern-Lötschberg-Simplon. (Anmerkung während des Druckes.)

der Granitoberfläche gemessen ca. 7 km. Da auf dieser ganzen Strecke die Kontaktverhältnisse sich im wesentlichen gleich bleiben, so war man vollauf berechtigt, auch für die, vom Gabelbach nur noch ca. 700 m entfernte Kontaktstelle im Tunnel ähnlichen, fast direkten Kontakt von Malm und Granit anzunehmen. — So naheliegend und berechtigt diese Annahme auch war, so hat der Tunnelbau doch ein ganz anderes Resultat ergeben.

Ganz ausser aller Voraussicht lag natürlich das Antreffen von *Carbonschiefern*. Die Lagerungsverhältnisse scheinen dahin zu deuten, dass bei einer nur um etwa 20 m höheren Lage der Tunnelsohle diese Carbonkuppel überhaupt unberührt geblieben wäre und der Tunnel ausschliesslich Trias durchfahren hätte. Das Auftreten des Carbons kam so unerwartet, dass von Seite anderer Geologen lange an dem carbonischen Alter dieser Schichten gezweifelt wurde.

Diese Carbonschiefer stehen dem Aarmassiv durchaus fremd gegenüber: Im Gegensatz zu allen aarmassivischen Carbonvorkommen sind sie nicht variscisch gefaltet, vielmehr scheinen sie konkordant von der Trias bedeckt zu sein. Ausserdem fehlen am Nordrande des Gasternmassivs unter dem „Kontaktsandstein", den wir wohl zur Trias zu stellen haben, carbonische Ablagerungen ganz. Es bleibt uns also nichts übrig, als dieses Carbon als verschleppt aufzufassen und zwar erscheint es als wahrscheinlichstes, seinen Ursprungsort im Süden zu suchen, da die faziellen Verhältnisse des Carbons und der Trias übereinstimmend nach Süden weisen. Wir würden dann dieses Carbon und die begleitende Trias, soweit sie nicht deutlich zum normalen Triassedimentmantel des Gasterngranitmassivs gehört, als Massen zu deuten haben, die bei der Ueberschiebung der Doldenhorndeckfalte vom Südrande des Gasternmassivs an dessen Nordrand verschleppt und hier aufgestaut worden sind. Die Wurzel des Carbons wäre wahrscheinlich im Liegenden des Jungfraukeils zu suchen. Innerhalb der Trias müssen wir autochthone und überschobene unterscheiden und es ist möglich, dass die oben erwähnte scharfe Grenze bei 3830 m beide scheidet.

Ueber die Art und Weise, wie wir uns die Fortsetzung des Carbonkomplexes nach der Tiefe zu vorzustellen haben, fehlen jegliche Anhaltspunkte. Hier hat jede Hypothese fast gleichviel Berechtigung. Ich habe im Profil 2 der Textfigur 1 die Annahme vertreten, dass wir es mit einer allseitig von Trias umgebenen Carbonlinse zu tun haben.

Die Tatsache, dass sich Trias und Carbon am Nordrande des Gasternmassivs in grossen Massen aufgehäuft haben, spricht für eine äusserst unregelmässige obere Begrenzung des kristallinen Kerns nach der Tiefe zu, die in schärfstem Gegensatz steht zu dem,

was im Lötschenpass- und im Brandhubelgebiet oberflächlich zu beobachten ist. Die schwachgeneigten Kontaktsandsteine des Tunnelprofils können unmöglich in ungebrochenem Zusammenhang stehen mit denjenigen beim Gabelbach.

Und diese Unregelmässigkeit dürfte hinwiederum darin begründet sein, dass dem eigentlichen Gasterngranitmassiv eine mächtige Gneisszone eingeschaltet ist, die sich bei der tertiären Gebirgsaufrichtung anders verhielt als der massige Granitklotz; sehr wahrscheinlich wurde auch hier der Gneiss in Keile ausgezogen und ausgewalzt, wie an andern Stellen des Nordrandes des Aarmassivs. Da im untern Teile des Gasterntales unsern heutigen Kenntnissen zufolge nirgends Gneiss zu Tage tritt, hatte auch keine aller Prognosen mit der Möglichkeit, dass im Tunnel Gneiss angefahren werden könnte, gerechnet.

So sehen wir denn, dass die geologischen Prognosen beim neuen Trace des Lötschbergtunnels nur eine sehr teilweise Bestätigung gefunden haben. Erfolgreich war die Prognose in der Voraussicht des anormalen Kontaktes, im übrigen aber haben sich die Verhältnisse als ungleich komplizierter und für den Tunnelbau ungünstiger erwiesen als irgendwie hätte vorausgesehen werden können.

Eine volle Bestätigung haben dagegen unsere modernen Anschauungen des alpinen Gebirgsbaues erfahren: Die Begegnung des malmführenden Jungfraukeils im Tunnel auf der Südseite hat die grosse tektonische Bedeutung dieser schmalen Sedimentzone einwandfrei dargelegt.[6]) Die allgemeinen tektonischen Verhältnisse sprechen meiner Ansicht nach dafür, dass die südwestliche Fortsetzung des Jungfraukeils in der gleichfalls malmführenden Sedimentzone von Chamounix sich wieder einstellt. Das Gasterngranitmassiv würde im Massiv der Aiguilles rouges wieder auftauchen, und nur der südliche Teil des Aarmassivs entspräche also dem Montblanc-Massiv. Mannigfache Aehnlichkeiten des Gesteinsverbandes in den kristallinen Kernen sprechen zu gunsten dieser Anschauung; namentlich gilt dies für Aiguilles rouges und Gasternmassiv. Interessant ist ferner das Vorhandensein von Carbon im Aiguilles rouges-Massiv nordöstlich des Rhonetals. Das Carbon im nördlichen Teil des Lötschbergtunnels ist wahrscheinlich herzuleiten von der nordöstlichen Fortsetzung jenes Carbonbandes, das bei

---

[6]) Eingehende Angaben über den Verlauf des obern Kalkkeils der Jungfrau sind enthalten in der schon mehrfach genannten, gemeinsam mit *E. Truninger* verfassten Notiz über Doldenhorn-Fisistockgruppe (pag. 155 bis 162).

Saillon im Wallis unter den Sedimentdecken verschwindet und das den Angaben von *E. von Fellenberg* zufolge wenigstens in Spuren an der Sattellegi und bei Unterferden wieder auftritt.[7])

Aufgabe künftiger Untersuchung wird es sein, den Jungfraukeil ostwärts weiter zu verfolgen und zu untersuchen, ob die im Gasterntal erkannten geologischen Grundzüge auch weiter ostwärts sich wiederfinden. Da in diesen Gebieten von anderer Seite gearbeitet wird, enthalte ich mich absichtlich weiterer Ausführungen.

Der anormale Kontakt im Tunnel auf der Nordseite aber bestätigt, dass in der Tat das Balmhorn mit dem Doldenhorn und den Fisistöcken zusammen eine Deckfalte bildet; diese erscheint im Westen wieder in der Dent de Morcles- und Dent du Midi-Deckfalte. Um diese Zusammengehörigkeit anzudeuten, möchte ich vorschlagen, künftighin die Bezeichnung *Morcles-Doldenhorndecke* zu gebrauchen.

Ueber dieser Deckfalte ist von *E. Truninger* und dem Verfasser im Gemmi-Blümlisalpgebiet die „*Gellihorn-Zwischendecke*“ unterschieden worden, als deren Leitgestein wir den Taveyannaz-Sandstein bezeichneten. Seither haben *H. Schardt*[8]) und *M. Lugeon*[9]) darauf hingewiesen, dass entsprechend dem Grundplan der westlichen Berneralpen unsere Gellihorn-Zwischendecke nichts anderes sein dürfte als die wieder auftauchende Diableretsdecke. Ich trete dieser Anschauung bei, möchte aber auch hier der Klarheit halber die zusammenfassende Bezeichnung *Diablerets-Gellihorndecke* in Vorschlag gebracht haben.

Basel, min. geol. Inst. der Universität, 9. Mai 1910.

---

[7]) *E. v. Fellenberg:* Geol. Beschr. d. westl. Teils des Aarmassivs etc. Beitr. z. geol. Karte d. Schw. XXI p. 97, sowie Atlas: Tafel I, Profil III. Tafel XVIII, Fig. 4 und 5.

[8]) *H. Schardt:* Coup d'oeil sur la géologie et la tectonique des Alpes du Canton de Valais. Bull. soc. Murithienne d. sciences nat. du Valais XXXV. Sion 1909, p. 321.

[9]) Persönliche Mitteilung von Herrn Prof. *Lugeon* anlässlich der Exkursion d. Schweiz. geol. Ges. in's Wildstrubelgebiet, Herbst 1909.

Eingegangen 11. Mai 1910.

Die ägyptische Prähistorie und das Dreiperiodensystem.

Von

Paul Sarasin.

Das vom römischen Dichter *Lucretius* im ersten Jahrhundert a. C. ausgesprochene und vom dänischen Forscher *Thomsen* 1836 wissenschaftlich begründete *Dreiperiodensystem* der *Steinzeit, Bronzezeit* und *Eisenzeit* entbehrt noch der internationalen wissenschaftlichen Beziehung. Da nun die Prähistorie des Menschen hunderte von Jahrtausenden beschlägt, so lehnen wir uns zu ihrer Bezeichnung am besten an den orphischen Urgrund aller Dinge, Chronos, den Zeitbegriff an und bezeichnen die drei Fundamentalperioden der menschlichen Kulturgeschichte mit den Worten: *Lithochronie* oder *Steinzeit, Chalcochronie* oder *Bronzezeit* und *Siderochronie* oder *Eisenzeit.*[1])

Demgemäss spreche ich hinfort von lithochronen, chalcochronen und siderochronen Objekten, wie Pfahlbauten, Keramik, Holzsachen usw.

Dieses Dreiperiodensystem ist nun auch für die ägyptische Kulturgeschichte mit Sicherheit nachweisbar, und es war im Jahre 1868, dass der verstorbene Anthropologe *Hamy* in Begleitung von *Lenormant* und unseres Schweizer Aegyptologen *Naville*[2]) bei einem Ritte über die Felshöhen der Königsgräber des alten Theben mit grösstem Erstaunen den Wüstenboden mit Steinwerkzeugen oder *Glyptolithen*[3]) ganz überdeckt fand, und da er ein guter Kenner der französischen Lithoglyphie[4]) war, überblickte er mit einemmal die ganze Tragweite dieser Entdeckung. „Voilà donc“, rief er aus, „l'âge de la pierre démontré en Egypte et la terre des Pharaons,

---

[1]) Diese Proposition findet sich bereits im Bericht über die Sammlung für Völkerkunde des Basler Museums für das Jahr 1909 in den Verhandl. Naturf. Ges. Basel, 20, 1909, drittes Heft.

[2]) Nach einer privaten Mitteilung des hochverdienten Gelehrten.

[3]) Ueber diesen Ausdruck sowie über den analog gebildeten: *Glyptoxylen* für Holzgegenstände siehe den oben zitierten Jahresbericht.

[4]) Ueber dieses Wort für „Steinindustrie“ siehe: *P.* u. *F. S.*, die Steinzeit auf Ceylon, Wiesbaden, 1908.

considérée par quelques-uns comme exceptionelle à ce point de vue, ramenée aux loix générales d'évolution de l'humanité."

Obschon diese Entdeckung bald durch verschiedene andere Beobachter ihre Bestätigung fand, welche auch an manchen anderen Orten der Wüste solche Felder von Silexartefakten nachweisen konnten (noch kurz vor Hamy meldete *Arcellin* Feuersteinwerkzeuge aus Aegypten an, siehe: Annales de l'Académie de Mâcon (1), 9, 1870), so setzte doch die streng geschulte Aegyptologie, welche auf der von *Champollion* gelegten Basis aus der Entzifferung der Bilderschriften und der Deutung der, gleich steinernen Gobelins die Wände der Tempel schmückenden Reliefdarstellungen die Geschichte Aegyptens enthüllte und in immer ältere Jahrtausende hinaufführte, der Entdeckung Hamy's und seiner Nachfolger den Widerstand der Verneinung entgegen, indem sie vor allem auf den Umstand hinweis, dass die ausserordentliche Massenhaftigkeit der vorgefundenen Silexscherben eine natürliche Ursache ihrer Entstehung anzunehmen zwinge, und damit wurde schon zu Anfang der ägyptischen prähistorischen Forschung auf eine *Konkurrenzerscheinung* in der Herstellung von Silexscherben hingewiesen, welche neben dem Menschen der Natur selbst tatsächlich auf Rechnung zu setzen ist.[5]) So sagte der berühmte Aegyptologe *Lepsius* 1873[6]) mit entschiedenen Worten: „Jedenfalls glaube ich, dass für Aegypten eine sogenannte *prähistorische Zeit* nicht angenommen werden muss" und sein verdienstvoller Kollege *Dümichen* erklärte[7]): „Wir dürfen getrost die Behauptung aufstellen, dass das Feuersteinfeld bei Theben eine von jenen grossen Werkstätten ist, deren Werkmeister der ägyptische Sonnengott Ra gewesen."

Es erhöht noch das Verdienst von Hamy, wenn Dümichen als Gegenargument beifügt: „schon vor ihm haben Tausende von wissenschaftlich gebildeten Männern das Niltal bereist, und die meisten derselben haben jenes Feuersteinfeld bei Theben passiert, keinem aber ist es eingefallen, in demselben etwas anderes zu erblicken als eine Naturerscheinung."

Noch 1885 aber schrieb der scharfsinnige Aegyptologe *Adolf Erman*: „Die ägyptischen Gelehrten füllten die Zeit vor ihrem ersten bekannten Könige Menes mit einer Art goldenem Zeitalter aus, in dem die Götter nacheinander regierten, die modernen Gelehrten haben sie mit dem obligaten „Steinzeitalter" ausgefüllt

---

[5]) Siehe darüber: *P. S.*, über Wüstenbildungen in der Chelléen-Interglaciale von Frankreich, Verh. Naturf. Ges. Basel, 20, Heft 3.

[6]) Verhandl. Anthrop. Ges. Berlin, 1873, p. 63.

[7]) Ibidem, 1871, p. 65.

— beides gewiss sehr geistvolle, aber gleich schwer zu begründende Hypothesen."[8])

Wenn wir endlich noch 1890 den Aegyptologen *A. Wiedemann*[9]) sich äussern sehen: „sicher prähistorische Steinmesser sind im Niltale nirgends gefunden worden," so möchten wir unsern eigenen Augen misstrauen, hatte ja doch schon 1880 *F. Mook*[10]) eine Fülle von erdrückenden Beweisen, unterstützt von schön ausgeführten Tafeln, für die Steinzeit Aegyptens veröffentlicht.

Eine neue wissenschaftliche Erkenntnis pflegt durch Widerspruch gefestigt zu werden, indem derselbe zu weiterer Nachprüfung anreizt. Hatte nun auch schon Hamy darauf hingewiesen, dass die betreffenden Feuersteine auf den Anhöhen von Theben mit solchen identisch seien, wie man sie in französischen Höhlen auffindet, die ja niemals das Werk der Sonne sein konnten, so tat doch den wichtigsten Schritt vorwärts in der Erkenntnis der ägyptischen Steinzeit der englische General *Pitt Rivers* im Jahre 1882,[11]) indem er dieselben Steinwerkzeuge, welche man auf den Hochplateaux des libyschen Wüstenrandes von Theben antrifft, auch in den diluvialen Sedimenten des Nil eingeschlossen auffand. Damit war die Uebereinstimmung mit der europäischen Prähistorie, speziell dem ältesten Teile derselben, eine vollständige; man fand die Artefakte nicht nur auf der Oberfläche der Anhöhen in Menge herumliegend, in Aegypten wie in Frankreich, sondern auch eingeschlossen in den pleistocänen Ablagerungen der Ströme beider Länder; wie sie zuerst *Boucher de Perthes* in den Schottern der Somme fand, so enthob sie *Pitt Rivers* den Schottern des Nil.

Diese pleistocänen Schottermassen des Niltales sind an sich schon eine höchst interessante Erscheinung, weisen sie doch auf eine Pluvialperiode während des Pleistocäns in der gesamten Wüste hin, der nordafrikanischen sowohl als der asiatischen, welche der europäischen Eiszeit entspricht, und während welcher nicht nur der Hauptstrom des Nil, sondern auch seine Seitenflüsse, wie speziell in dem hier in Betracht kommenden Falle derjenige, welcher von den Gebirgsmassen der arabischen Wüste herabschäumend das Tal ausgrub, in dessen Kalksteinwänden die Gräber der alten ägyp-

---

[8]) *Erman, A.*, Aegypten und ägyptisches Leben im Alterthum, 1885, I, p. 59.

[9]) *Wiedemann, A.*, über O. Montelius, l'âge du bronze en Egypte, Jahrbücher des Vereins von Alterthsf. im Rheinlande, Heft 89, 1890, p. 197.

[10]) *Mook, F.*, Aegyptens vormetallische Zeit, Würzburg, 1880.

[11]) *Pitt Rivers*, on the discovery of chert implements in stratified gravel in the Nile valley near Thebes, Journ. Anthropol. Instit., 11, 1882, p. 382.

tischen Könige ausgeschachtet wurden, mächtige Bänke von Sedimenten aufeinanderschichteten. Von diesen pleistocänen oder diluvialen Flussschottern lassen sich ältere höher gelegene und jüngere tiefer unten ruhende unterscheiden, augenscheinlich entsprechend den Hoch- und Niederterrassen der europäischen Ströme und Flüsse.

Durch den Nachweis von Steinwerkzeugen innerhalb der letzteren, der Niederterrasse des Nil bei Theben wies Pitt Rivers die Existenz des Menschen zu einer Zeit in Aegypten nach, wo eine reiche Vegetationsperiode, wohl Urwald, an Stelle der Wüste das Land bekleidet hatte, und wenn ich noch daran erinnere, dass das heutige Niltal eine, geologisch gesprochen, rezente Erscheinung ist — entstand es doch erst im Laufe der Pleistocänperiode, indem der frühere Nil, dessen Lauf unter dem Namen Bahr-Bala-Ma oder wasserloser Fluss noch jetzt erkennbar ist, westlich vom heutigen die libysche Wüste durchströmte — so erscheint die gesamte ägyptische Geschichte, von den Aegyptologen mit Sicherheit bis auf das 5. Jahrtausend a. C. zurückgeführt, nur als ein letzter kurzer Zeitabschnitt im Dasein der Menschheit in jenem Lande, welche gewiss schon seit der Entstehung des jetzigen Niltales daselbst gelebt hat.

An diesen Gedanken musste man sich erst gewöhnen, nachdem man noch eben über das absolute Alter der ägyptischen geschriebenen Geschichte erstaunt gewesen war, und es war daher sehr natürlich, dass die Fundangaben von Pitt Rivers starken Zweifeln begegneten, umsomehr, als sie von wenig überzeugenden Abbildungen begleitet waren.[12])

Wenn nun in der Bestätigung der Pitt Rivers'schen Angaben der berühmte Afrikaforscher *Georg Schweinfurth* besonders tätig gewesen ist, so haben doch seine Aufsätze den Zweifeln Fernstehender weitere Nahrung dadurch gegeben, dass er, ein begeisterter Anhänger der Eolithenlehre, eine Menge von Feuersteinen als Artefakte heranzog, die zweifellose Naturprodukte sind, seien es Rollsteine mit Abschlägen durch Anprall oder auch durch die sogenannte Desquamation entstandene Scherben, letztere ein wirkliches Werk des Sonnengottes Ra, um mit Dümichen zu reden.

So schrieb *Henri de Morgan,*[13]) nachdem er in pleistocänen Schottern bei Esneh trotz eifrigem Suchen keine Feuersteinwerkzeuge gefunden hatte, folgendes: „on peut dire que, dans leur ensemble, les différentes alluvions de la Haute-Egypte sont antérieures à la taille des instruments paléolithiques."

---

[12]) *Virchow, Rud.,* Verh. Anthrop. Ges. Berlin, 1888, p. 351 und *Reiss,* ibidem, 1889, p. 706.

[13]) Revue de l'Ecole d'Anthropologie de Paris, 19, 1909, p. 136.

Die zahlreichen Proben von Steinwerkzeugen, welche wir, Dr. *Fritz Sarasin* und ich, im Februar 1909 auf den Anhöhen bei Theben aufgelesen haben, lassen sich, was ihren Typus betrifft, als Acheuléen bezeichnen; man erkennt die bekannten Faustkeile, zum Teil mit solchen aus Europa nach Form und Art der Behauung auf's genaueste übereinstimmend, die Spitzen, Lamellen und die Abfallspäne, wie sie die Begleitlithoglyphie des Acheuléen, wie auch des noch älteren Chelléen, zu bilden pflegen; die letzteren Stücke decken sich vielfach genau mit den Abschlagnegativen an den Faustkeilen, wie ich ausdrücklich hervorhebe.

Um uns ferner ein Urteil über die Pitt Rivers'schen Funde zu bilden, untersuchten wir auch die pleistocänen Schotter und fanden in der unteren oder Niederterrasse des Tales der Königsgräber bald Silexscherben, welche so genau mit den auf den Höhen aufgelesenen übereinstimmten, dass wir uns gezwungen sahen, sie als dasselbe, nämlich als Artefakte des Acheuléen aufzufassen, umsomehr, als es mir gelang, einen typischen Faustkeil von der diskushaften Form, wie man deren auf den Plateaux in Menge findet, aus dem festen Anstehenden herauszuarbeiten.

An diesem Stücke, Figur 1,[14]) ist nun der Umstand von Interesse, dass die Ränder des scheibenartigen Steines haarscharf erhalten sind, ein Beweis, dass der Stein nicht von weit herkommt, wodurch seine Ränder durch Rollung gerundet oder durch Aufschlag eingebrochen worden wären, sondern dass er an Ort und Stelle von seinem Besitzer verloren worden ist, vielleicht von dessen primitivem Fahrzeuge herab; denn die Schicht, in welcher er eingebettet lag, besteht aus einem ganz feinkörnigen, kalkhaltigen Ton, dem Zeugen einer temporären Seebildung des Nil, eines temporären Stillstandes jener Pluvialfluten, welche durch Herabführen von Rollsteinmassen eine lockere Nagelfluh gebildet haben. Die in dieser letzteren gefundenen Feuersteinwerkzeuge zeigen gestumpfte Ränder, durch Zusammenschlag mit den herabgeführten Rollsteinen.

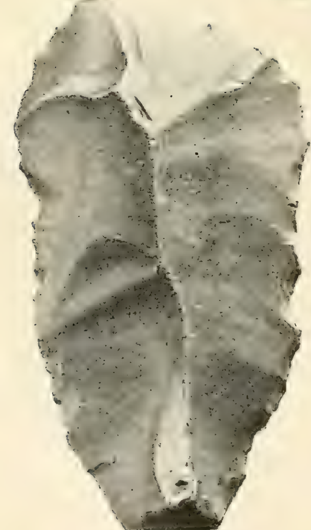
Die Steinwerkzeuge in den pleistocänen Schottern des Nil bei Theben stimmen nun, wie erwähnt, so genau mit den auf den Plateaux derselben Gegend umherliegenden überein, dass es zweifellos erscheint, sie stellten in der Hauptmenge nichts anderes als von jenen Höhen herabgeführte Stücke dar. Die Ansiedelungen jener ägyptischen Acheuléenmenschen befanden sich also auf den über dem Ufer eines ungeheuren Stromes, des diluvialen Nil, gelegenen Plateaux und Bergkuppen, welche in einem sehr feuchten

---

[14]) Sämtliche diesem Aufsatz beigegebenen Lichtbilder sind Aufnahmen von Dr. *Fritz Sarasin.*



Figur 1. Faustkeil.



Figur 2. Lamelle.



Figur 3. Diskus.

Figur 1—3: Glyptolithen aus der pleistocänen Niederterrasse des Tales der Königsgräber bei Theben. $\frac{1}{1}$.

Klima, wie es im damaligen Aegypten geherrscht hat, den Vorteil baldiger Abtrocknung boten im Gegensatz zu den bewaldeten und sumpfigen Niederungen. So siedelt sich auch der Wedda von Ceylon, der heutige sowohl als sein prähistorischer Vorläufer, mit Vorliebe auf den Kuppeln von Hügeln und Bergen an (vergl. P. und F. S., Steinzeit auf Ceylon, p. 19) die sumpfige Niederung wurde erst dann vom Menschen besiedelt, nachdem er gelernt hatte, trocken bleibende Wohnungen auf Pfählen zu errichten, und nicht anders ist es in Frankreich; die Acheuléensteine finden sich auch auf hochgelegenen Plateaux verstreut, und sie wurden durch die Hochwasser von diesen herab in die Schotter der Flüsse geschwemmt.

Schon dem ersten Entdecker der Feuersteinwerkzeuge auf den Höhen bei Theben war der Umstand aufgefallen, dass typische Faustkeile nach Art derer von St. Acheul die dortige Lithoglyphie zwar charakterisierten, dass aber neben ihnen „la pointe de lance du Moustier, le grattoir de la Madeleine etc. s'y montrent confondus; ce nucléus pourrait avoir été débité dans la vallée de la Vézère, ce couteau ressemble à ceux de Laugerie-basse, cette flèche aux flèches les plus simples de Laugerie-haute etc.“

Diese Beobachtung einer Mischung verschiedener in Europa lokal und zeitlich getrennter Typen ist zutreffend; man findet unter den Feuersteingeräten von Theben neben den Faustkeilen Spitzen und Messer von der Art, wie sie auch jüngere Lithoglyphien aufweisen, ja sogar solche, die ein verhältnismässig rezentes Aussehen haben, deren Ränder noch vollkommen unverletzt und scharf sind. Da wäre es nun höchst voreilig, behaupten zu wollen, dass die verschiedenen Lithoglyphien, welche in Europa zeitlich aufeinanderfolgen, hier in Aegypten gleichzeitig miteinander bestanden hätten, dass infolgedessen eine zeitliche Scheidung derselben, wie sie in Europa gefunden wurde, nichts als eine Täuschung gewesen sei, und doch ist diese Behauptung schon wiederholt aufgestellt worden.

Bei Betrachtung dieser Frage ist das folgende in Erwägung zu ziehen:

Die frühere Anschauung, es sei in der Chelléen- und Acheuléenperiode nur ein einziges Steinwerkzeug gefertigt worden, nämlich der mandelförmige oder elliptische oder diskusförmige Faustkeil, welcher dann als Universalinstrument für alle Hantierungen diente, ist durchaus fallen zu lassen; neben diesen Faustkeilen besteht vielmehr in den sie umschliessenden pleistocänen Schottern eine Begleitlithoglyphie, bestehend aus Spitzen, Schabern, Messern und Lamellen, wie wir sie auch später bis ins Neolithikum erhalten

finden.[15]) Der Faustkeil ist nur das eigentliche Charakteristikum oder, wie ich es nenne, das *Leitartefakt*[16]) des Chelléen und Acheuléen; er verschwindet allmählich in der Moustérien-Lithoglyphie, um im jüngeren Paläolithikum ganz zu fehlen und im Neolithikum durch das neu auftauchende, zuerst roh zugehauene, später geschliffene Steinbeil ersetzt zu werden.

Dem Gesagten entsprechend finden wir in Theben neben den Faustkeilen in Menge auch messerartige Lamellen, Schaber und Spitzen und zwar sämtlich mit genau derselben Patina überzogen, wie sie die Faustkeile und Disken mit ihrem schönen Rotbraun überzieht. Diese Messer und Spitzen entsprechen, wie schon bemerkt, in ihrer Form den Negativen, welche die Abschläge an den Faustkeilen bei deren Zurichtung hinterlassen haben, ein weiterer Beweis, dass sie derselben Lithoglyphie angehören, und es ist nicht abzusehen, weshalb nur die Fauststeine, nicht aber auch die von ihnen geschickt weggeschlagenen Spitzen und Messer in Gebrauch gezogen worden sein sollten. Das Chelléo-Acheuléen ist also eine viel reichere Lithoglyphie, als man ursprünglich geglaubt hat, und es setzt seinerseits eine lange Entwicklungsgeschichte voraus, welche zu entdecken wir noch ganz im Anfange stehen.[17])

Die erwähnten Messer und Spitzen des Chelléo-Acheuléen haben oft ganz sinnlos eingebrochene Ränder, eine Stumpfung, die ebensowenig beabsichtigt gewesen sein kann, als es heutzutage Sinn hätte, die Schneide eines Messers vor dem Gebrauch absichtlich zu verderben; da diese ägyptischen Feuersteingeräte viele Jahrtausende an jener Stelle liegen, während zwei Jahrtausenden in der Nähe einer Weltstadt, so ist für das Zustandekommen dieser Randeinbrüche eine natürliche Ursache durch Abgetretenwerden anzunehmen, worüber ich mich an einem anderen Orte geäussert habe.[18])

Ausser diesen, dem Acheuléen zugehörigen Faustkeilen, Disken, Spitzen und Lamellen fand ich aber auch Nuklei und von ihnen abgeschlagene Lamellen und Spitzen von zweifellos späterem, offenbar neolithischem Typus, mit nur hellblonder Patinierung, augen-

[15]) Vergleiche dazu besonders: *H. Obermaier,* die Steingeräte des französischen Altpaläolithikums, Wien, 1908.

[16]) Diesen Ausdruck habe ich im Jahresbericht 1907 dieser Verhandlungen, Bd. 19, p. 184 und 185 schon verwandt und in der Ceylonabhandlung l. c. p. 25 zur Annahme empfohlen.

[17]) Vergleiche *P. S.*, einige Bemerkungen zur Eolithologie, Jahresber. Geogr. Ethnogr. Ges. Zürich, 1908/1909.

[18]) l. c. Separatabdruck Seite 11; diese durch Abgetretenwerden entstandenen Eolithenphantome nenne ich hinfort: *Podoclasten.*

scheinlich von verhältnismässig nicht sehr hohem Alter, an einem Hügelabhang bei den Königsgräbern, ein Umstand, welcher darauf hinweist, dass auch in viel späteren Perioden jene alten Feuersteinplätze zur Herstellung von Werkzeugen gelegentlich benützt worden sind; ist doch der Gebrauch des Feuersteins zu Messern und Pfeilspitzen bis tief in die historische Zeit hinab, durch die Bronzezeit hindurch in die Eisenzeit hinein in Aegypten mit Sicherheit nachgewiesen.

Mit Hilfe der in den diluvialen Schottern von Theben eingeschlossenen Acheuléensteine ist nun aber Gelegenheit gegeben, eine trennende Analyse zwischen den aus älterer oder jüngerer Zeit stammenden Plateausteinen vorzunehmen, insofern jüngere und jüngste Formen in diesen Schottern nicht eingeschlossen sein können; was sie enthalten, muss das reine, von späteren Beigaben freie Acheuléen sein, eine kritische Arbeit, welche noch nicht gemacht ist, welche aber fruchtbar werden müsste zur kritischen Darstellung des ägyptischen, überhaupt also des afrikanischen Alt-Paläolithikums.

Während bei Theben die Acheuléenglyptolithen aus Feuerstein gearbeitet worden sind, fand sie *G. Schweinfurth*[19]) bei Assuan aus dem dort anstehenden nubischen Sandstein oder Quarzit zugehauen. Von einer Exkursion dahin brachte *F. Sarasin* eine kleine Sammlung von solchen Quarzitglyptolithen mit, die infolge des schlechten Materiales nicht weniger rohes Aussehen haben, als die bekannten Quarzitglyptolithen aus Vorderindien.

Der Acheuléenmensch behalf sich also für seine Steinwerkzeuge mit dem Material, das er vorfand, und wanderte nicht nach fernen Stellen, um den leichter zu bearbeitenden Feuerstein zu holen. Da indessen diese Quarzitglyptolithen von Assuan sehr schlechte Werkzeuge darstellen im Vergleich zu den aus Feuerstein gearbeiteten von Theben, da wir ferner wissen, dass australische Stämme weite und gefährliche Wanderungen unternehmen, um zu gutem Material für ihre Steingeräte zu kommen, so darf wohl angenommen werden, dass die in den damaligen Wäldern am Nil lebenden Stämme in Feindschaft mit einander lebten, da man zu so schlechtem Material, wie zum Quarzit von Assuan, gewiss nur aus Not seine Zuflucht nahm.

Ich bilde drei typische Stücke dieser Quarzitglyptolithen von Assuan ab zum Beweise, dass es sich um ächtes, aber wegen des rauhen Materials roh ausgeprägtes Acheuléen, um eine *Quar-*

---

[19]) *Schweinfurth, G.*, über altpaläolithische Manufakte aus dem Sandsteingebiet von Oberägypten, Zeitschr. f. Ethn., 41, 1909, p. 735.



Figur 4. Faustkeil.



Figur 5. Lamelle.



Figur 6. Diskus.

Figur 4—6: Quarzitglyptolithen von Assuan. $\frac{1}{2}$.

zitfacies des Acheuléen handelt, da in einer Besprechung der Schweinfurth'schen Arbeit *L. Laloy*[20]) in die Deutung dieser Steine als Artefakte Zweifel gesetzt hat, durch die Angabe des Entdeckers misstrauisch geworden, man finde unter jenen Steinwerkzeugen auch viele Eolithen, und bei dem Mangel von Abbildungen nicht imstande, sich ein sicheres Urteil zu bilden.

Wie im Gebiet der Vézère die verschiedenen Steinzeitalter lokal oft ganz nahe nebeneinander gefunden werden, obschon sie zeitlich durch Jahrtausende von einander getrennt sind, so zwar, dass der Abri von Laugerie-haute, welcher die Periode des Solutréen repräsentiert, direkt an den von Laugerie-basse anstösst, welcher die jüngere Stufe des Magdalénien aufweist, so finden wir an den verschiedensten Orten der ägyptischen Wüste, oft unweit voneinander entfernt, völlig verschiedene Steinzeitperioden nebeneinander, welche tatsächlich zeitlich aufeinander gefolgt waren, Siedelungen aus verschiedenen Zeitabschnitten, bisweilen sogar am selben Orte beisammen, wie wir schon bei Theben gesehen haben, ihre Produkte vermischt, da eine zeitliche Schichtung, wie in Höhlen, infolge der Wirkung der Atmosphärilien, der Regen und Stürme, nicht zustande kommen konnte. So fand ich bei *Heluan* ein Feld von kleinen, sehr zierlichen Nuklei mit zugehörigen Messerchen und Disken,[21]) welche den Charakter des Magdalénien tragen (siehe Figur 7-9), während andere unfern davon neolithische Steinwerkzeuge gefunden haben, wobei freilich zu erinnern ist, dass Nuklei und Messer vom Magdalénientypus sich in das Neolithikum fortgesetzt haben.

Im *Fajúm* endlich werden auf der Oberfläche der Wüste in der Umgebung des Sees Pfeilspitzen mit sehr langen Widerhaken gefunden (Figur 10), die, wie ich aus solch seltenen Funden in Europa vermuten möchte, zum Schiessen von Fischen gedient haben; auch kommen hier wohlgearbeitete Lanzenspitzen,

---

[20]) L'Anthropologie, 21, 1910, 199.

[21]) Ich besitze zwei ächte, wohl gearbeitete Disken aus dem Abri Schweizersbild, woselbst sie bisher übersehen worden sind; desgleichen haben wir sie im Magdalénien von Ceylon gefunden und als Schleudersteine gedeutet (siehe P. und F. S., die Steinzeit auf Ceylon, 1908, Seite 36); ächte Disken von kleiner Form besitze ich ferner aus neolithischen Stationen der westschweizerischen Seen, wo sie freilich selten vorkommen. Der Diskus entstand schon im Chelléen und erhielt sich bis in's Neolithikum durch alle Kulturhorizonte hindurch, aber ursprünglich gross und unförmlich, wurde er immer kleiner und zierlicher, bis er zur Grösse eines Zweimarkstückes herabsank. Auch *E. Florance* (les pierres de jet ou de fronde, l'Homme Préhistorique, 7, 1909, p. 38 ff.) hat den Diskus im Magdalénien und Neolithikum aufgefunden.



Figur 7. Nukleus. Figur 8 a—c. Messerchen. Figur 9. Diskus.

Figur 7—9: Glyptolithen vom Magdalénientypus von Heluan. $\frac{1}{1}$.

und unpolierte Beile und Sichelsteine vom Charakter des dänischen Neolithikums vor, endlich als Spezifikum, ausserhalb Aegyptens nirgends nachgewiesen, schön gearbeitete Messer mit kurzem Stielende, welche in der ägyptischen Hieroglyphe j wiederkehren und mit denen wir schon in die erste Dämmerung der eigentlichen Geschichte des Landes eintreten. Leitartefakte dieser Art, welche



Figur 10.
Pfeilspitze aus dem Fajúm.



Figur 11.
Poliertes Steinbeil von Nagada.

Figur 10 und 11: Neolithische Glyptolithen aus Aegypten. $\frac{1}{1}$.

eine *lokale lithoglyphe Facies* darstellen, lassen sich an mehreren Orten der Erde nachweisen, speziell im Acheuléen von Theben stellt ein solches der seltsame, äusserst geschickt geschlagene grosse Hohlschaber dar.

Wenn nun schon solch wohlgearbeitete flügelförmige Pfeilspitzen und ähnlich wohlgearbeitete andere Geräte, wie man sie im Fajûm findet, Leitartefakte für das Neolithikum sind, so blieb es doch längere Zeit hindurch ein Rätsel, weshalb nicht auch *polierte Steinbeile* ebenso häufig, wie sonst an vielen Orten in Afrika,[22]) in Aegypten gefunden werden konnten, dieses charakteristische Leitartefakt für das jüngere Neolithikum in allen Erdteilen. Wohl kannte man Steinbeile vom neolithischen Typus, die unmittelbaren Vorläufer aus dem Fajûm, wie erwähnt, unpolierte, gemuschelt zugehauene der polierten, aber die letzteren wollten sich lange Zeit in Aegypten nicht zeigen, kein eingeborener Landmann hob einen solchen Glyptolithen mit seinem Pflug aus der Erde, um ihn mit abergläubischer Scheu betrachtend als Donnerstein aufzubewahren, wie es sonst überall auf dem Erdball geschieht, sodass noch im Jahre 1888 *Rud. Virchow* als Ergebnis einer sehr gelehrten Arbeit den Satz aufstellen konnte, *dass polierte Steinbeile in Aegypten fehlten.*[23])

---

[22]) Unser Basler Mitbürger Herr *Hanns Vischer,* britischer Beamter in Nigerien, hat von seinem kühnen Zug durch die Sahara von Tripolis nach dem Tschad mehrere Steinbeile mitgebracht, welche er in und zwischen den einsamen Oasen jenes unermesslichen Sandmeeres gefunden hatte (siehe sein Werk: across the Sahara, London, 1910, Seite 283 u. 303). Dieselben zeigen zum Teil den normalen Typus des geschliffenen Steinbeiles, zum Teil aber lassen sich darunter auch primitivere Typen erkennen, wo der sonst roh zugehauene Stein nur an der Schneide geschliffen ist, eine frühere Ausbildung des neolithischen Steinbeiles (Typus Arisien), wie wir sie heutzutage noch bei den Australiern im Gebrauch finden und wie sie auch in der Prähistorie von Europa nicht fehlen. Ueber die auf Seite 304 des Werkes erwähnten „ovalen Steinbeile" bin ich aber, was ihre Artefaktnatur betrifft, wieder zweifelhaft geworden; das Material reicht zur Entscheidung nicht aus.

Es erscheint von besonderem Interesse, aus den Vischer'schen Funden zu erfahren, dass die so beschwerliche, ja lebensgefährliche Karawanenstrasse längs jenen Oasen schon in der neolithischen Zeit begangen war, dass schon in der afrikanischen Steinzeit ein Handelsverkehr quer durch die Sahara von der Syrten- zur Guineaküste stattgefunden hat, und doch liegt die neolithische Zeit in Afrika gewiss nicht soweit zurück, dass wir für sie schon ein feuchteres Klima als das von heutzutage voraussetzen müssten. Ob wohl schon damals das Kamel als „Schiff der Wüste" gedient hat? Zu der Frage des Alters des Kamels in Aegypten sind die wichtigen Bemerkungen von *Mook* und *Ludw. Rütimeyer* heranzuziehen (Mook, l. c., p. 12 ff. und 31 ff.).

[23]) Verh. Anthr. Ges. Berlin, 1888, p. 371.

Wenn man sie nun doch bald darauf tatsächlich in Gräbern, welche der jüngeren Steinzeit angehören, als Beigaben für den Toten entdeckte, polierte Beile ganz vom Typus der europäischen (Figur 11), so konnte doch *J. de Morgan* 1897[24]) noch feststellen, dass sie eine Seltenheit seien, und eine andere Fundquelle, als eben diese neolithischen Gräber, die sich besonders bei Nagada in Oberägypten finden, ist nicht bekannt geworden. Weder auf der Oberfläche noch im Innern der Ackererde des, wie man aus den Gräberfunden bestimmt weiss, schon in der jüngeren Steinzeit kultivierten Niltales wollten sich diese Steinbeile finden lassen, ganz im Gegensatz zu unseren europäischen Verhältnissen, wo sie entweder oberflächlich liegen oder der Pflug sie aus der Ackerkrume heraufholt.

Diese Erscheinung fordert eine Erklärung, welche ich in folgendem Umstand gefunden zu haben glaube:

Es ist durch sorgfältige Untersuchungen nachgewiesen worden, dass der fruchtbare Schlamm, welchen der Nil mit seinem Hochwasser herabbringt, sich ungefähr einen Millimeter im Laufe eines Jahres, ungefähr einen Meter somit im Laufe eines Jahrtausends anhäuft, demzufolge also das ägyptische Niltal schon während der historischen Vergangenheit mit einer Schlammdecke von mehreren Metern Mächtigkeit überführt worden ist. Da wir nun in Aegypten den Ablauf der jüngeren Steinzeit in das 5. Jahrtausend a. C. setzen dürfen, so liegen die geschliffenen Steinbeile mindestens einige Meter tief unter der Oberfläche des Ackerbodens, und es ist unmöglich, dass Pflug oder Hacke sie erreichen, undenkbar, dass sie gar auf der Oberfläche liegend gefunden würden; denn im Gegensatz zu Europa, wo das Verwitterungsprodukt der Bodenoberfläche, die Ackererde, durch die Meteorwässer fortwährend hinweggeführt wird, sodass vor Zeiten verlorene Steinwerkzeuge, statt überdeckt zu werden, frei zu Tage kommen, ist im Niltal gerade das Gegenteil der Fall, die Ackererde wird nicht weggeführt, sondern herzugebracht, neuer fruchtbarer Schlamm türmt sich auf den alten und verhüllt und vergräbt alle Zeugen der Vorzeit, welche in seinem Bereiche liegen geblieben sind, und zu diesen gehören die Werkzeuge der neolithischen Kultur, welche eine ackerbauende gewesen ist, während die paläolithischen Reste auf den Uferhöhen des damaligen Nil sich finden, blossliegend seit der Zeit, da sie die Hand ihres Besitzers zum letzten Male fallen liess.[25])

---

[24]) *Morgan, J. de,* Recherches sur les origines de l'Egypte, Paris, 1897, p. 72.

[25]) Dasselbe ist von den Pfahlbauten zu sagen in der Voraussetzung, dass diese früher einmal im Delta und untern Niltal bestanden haben,

In der neolithischen Zeit aber, welche durch die geschliffenen Steinbeile gekennzeichnet wird, taucht schon der aus religiöser Quelle stammende Gedanke auf, *Grabbauten* aufzuführen und diese nach Westen zu legen an den Rand der libyschen Wüste, der Pforte zu dem von der untergehenden Sonne bezeichneten und beschrittenen Totenreiche, und in diesen Gräbern haben sich die neolithischen Beile erhalten, als Grabbeigaben eingelegt von der sorgenden Hand der Angehörigen, und so ist es auch in Europa zur jüngeren Steinzeit gewesen, wo die Gräber der Fürsten, die Dolmen, sich nach dem Steilrande der Westküste drängen im Nachschauen nach der sinkenden Sonne.[26])

Die eifrig weiter betriebene Erforschung der neolithischen Gräber Aegyptens wird ausserdem mit Gewissheit schon für jene Zeit nicht minder hohe Kulturleistungen enthüllen, als sie uns die neolithischen Grosskulturen von Zentral- und Südamerika vor Augen führen; hat man doch den neolithischen Gräbern Aegyptens kunstreiche Arbeiten in Stein und Holz, eine reiche und schöne Keramik und zierliche Schmucksachen enthoben.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf das *historische Aegypten* von der jüngeren Steinzeit, also vom 5. Jahrtausend an bis zum Auftreten des Eisens im Laufe des 2. Jahrtausends, so sehen wir, was die *Bronzezeit* an Kultur leisten konnte, ein Reichtum, über welchen die Aegyptologie des alten und des mittleren Reiches Aufschluss gibt; wie arm nimmt sich dagegen die europäische Bronzekultur aus!

Dabei ist allerdings nicht zu vergessen, dass im trockenen Klima Aegyptens alle Kulturgegenstände, nicht nur die metallenen und die Keramik, sondern auch die der Weberei oder Hyphantik (mihi) und die aus Holz gearbeiteten oder die gesamte Xyloglyphie sich fast unbeschädigt erhalten haben.

So ist der grösste Teil der Aegyptologie als eine Periode gekennzeichnet, die wir bei uns prähistorisch nennen, und darf nicht auch dem Gedanken Raum gegeben werden, dass eine Verwandtschaft der Tätigkeit besteht im Ausschmücken der Tempelwände mit bemalten Reliefs einerseits und der Verzierung der Wände europäischer Höhlen mit gemalten oder eingeritzten oder als Reliefs ge-

---

vergl. P. S. weitere Beiträge zur Pfahlhaus-Tempelfrage, Zeitschr. f. Ethnol., 42, 1910, p. 440.

[26]) Dass im Innern von Kontinenten, wo also eine Meeresküste oder auch eine Wüste fern ist, ebenfalls Dolmen vorkommen, ist mir bekannt; dennoch springt die Analogie zwischen den Grabbauten am Rand der libyschen Wüste einerseits und andrerseits den Riesengräbern in der Bretagne an der Küste des Atlantischen Ozeans in die Augen.

arbeiteten Tierfiguren andrerseits? eine ebensolche Verwandtschaft zwischen den dem verstorbenen Aegypter beigegebenen weiblichen Figuren, den Ushebtis und solchen in europäischen Höhlen gefundenen weiblichen Rundfiguren wie der sogenannten Venus von Brassempouy oder der neuerdings entdeckten ähnlichen Figur aus dem Löss von Willendorf[27]) und andern dieser Art? Der figürliche Wandschmuck der paläolithischen Höhlen wäre dann der Keim, aus welchem der Wandschmuck der ägyptischen, der asiatischen, ja aller Tempel hervorgegangen wäre; denn das Grab, der Tempel ist die Wohnung eines Heros, ist die Wohnung eines Gottes, und so war vielleicht auch schon die mit Bilderschmuck ausgezeichnete Höhle die Grabstätte eines Heros, eines Gottes und damit die Stätte seines Dienstes ein Urtempel gewesen. Dabei bemerke ich noch, dass zwei Grundformen des Tempels zu unterscheiden sind: die Höhle mit dem aus ihr hervorgegangenen Grabgewölbe (Typus des letzteren das Pantheon, ferner auch Dolmen und Tumulus) und das Haus, welches für den abgeschiedenen Heros oder Gott als Wohnung gebaut wurde: der ägyptisch-griechische Säulentempel, entstanden meiner Meinung nach aus dem Pfahlhause,[28]) als dieser kunstlosen Urform herrliche Imago.

Hier ist auch die Frage kurz zu streifen nach dem ersten Auftreten des *Eisens* in Aegypten, insofern schon wiederholt von Autoren betont worden ist, es sei dessen Herstellung schon lange Zeit vor dem Erlöschen der Chalcochronie in Aegypten erfunden gewesen und dessen Gebrauch habe zugleich mit dem der Bronze daselbst stattgefunden. Wenn gegen diese Behauptung kein Einwand erhoben werden dürfte, so würde Aegypten gegen alle anderen Kulturen eine grelle Ausnahmestellung einnehmen, da sonst überall das bessere Eisen als ein wahrer Feind der guten Bronze die letztere für Waffen und Werkzeuge schleunig und radikal verdrängt hat. Allerdings erklärt *Olshausen*[29]) den bekannten Eisenfund in der Cheopspyramide, wonach das Schmiedeeisen in Aegypten schon ca. 2800 a. C. bekannt gewesen sein sollte, für weiches Eisen, das der Bronze noch nicht Konkurrenz habe machen können. Die Herstellung des harten Eisens, des Stahles, sei erst später gelungen, und dieses habe die Bronze verdrängt; aber die Nachricht von der Entdeckung der Herstellung selbst des weichen Schmiede-

---

[27]) Siehe *Szombathy,* die Aurignacienschichten im Löss von Willendorf, Korrespondezblatt f. Anthropol., 40, 1909, p. 85.

[28]) Vergleiche *P. S.*, über die Entwicklung des griechischen Tempels aus dem Pfahlhause, Zeitschr. für Ethnol. 39, 1907, p. 57. Einige weitere Beiträge in derselben Zeitschrift, 42, 1910, p. 434.

[29]) Zeitschr. für Ethnol., 39, 1907, p. 369.

eisens schon mitten in der Bronzeperiode oder, wie Andere gar wollen, schon im Beginn derselben in Aegypten erscheint doch als ein störendes Moment im Hinblick auf die wissenschaftlichen Ergebnisse an allen entsprechenden prähistorischen Stätten und im weiteren Hinblick auf die unten zu erwähnende positive Angabe des *Agatharchides,* dass die Aegypter zur Bronzezeit des Eisen noch nicht gekannt hätten.

Wir müssen uns deshalb den Originalbericht über den Eisenfund an der Cheopspyramide im Werke des Obersten *Vyse*[30]) genauer betrachten. Die sogenannten Luftkanäle der Königskammer — wahrscheinlich hängt ihre Anlage übrigens mit religiösen Vorstellungen zusammen —, von denen der eine an der Nord-, der andere an der Südfläche der Pyramide sich nach aussen öffnet, fanden sich beide mit Steinen zugestopft, der nördliche auf eine Distanz von 90 engl. Fuss (l. c., 1, p. 263), der südliche nur durch einen einzigen Stein, welcher in 7 engl. Fuss Entfernung von der Oberfläche der Pyramide angetroffen wurde. Es ist gewiss, dass diese Verstopfung der Kanäle in einer späteren Zeit, wahrscheinlich aus abergläubischen Gründen, vorgenommen worden ist; denn die Pyramide ist ein aufs sorgfältigste ausgeführtes Kunstwerk, bei dem der Gedanke unzulässig ist, es seien schon gleich nach seiner Herstellung die beiden aus religiösen Gesichtspunkten mühsam hergestellten Schächte der Königskammer durch Hineinkeilen von Steinen verstopft worden, was ich bemerke, weil *Olshausen* (l. c. p. 373) schreibt: „der den südlichen Luftkanal sperrende Stein kann schon bei Erbauung der Pyramide dorthin geraten sein.“

Die Freilegung des südlichen Kanals unternahm der Angestellte des Obersten Vyse Herr *Hill,* welcher, um ein Gerüst am Eingang zu erstellen, einige Sprengungen vornahm (l. c., 1, p. 273). Nun heisst es: „after having removed by blasting the two outer tiers of the stones of the present surface of the pyramide, a piece of iron, found by me near the mouth of the air-passage, was taken out by me from an inner joint, and no joint or opening of any sort was connected with the above-mentioned joint, by which the iron could have been placed in it after the original building of the Pyramid.“

Hill war also der Meinung, er habe die beiden äusseren Schichten (tiers) der Pyramide hinweggesprengt, eine Auffassung, worin er sich zweifellos getäuscht hat; denn die Blöcke, welche die Pyramide zusammensetzen, sind mindestens 1 Kubikmeter mächtig und vielfach noch gewaltiger, zwei Schichten derselben wegzusprengen,

[30]) *Vyse, Howard,* Colonel, Operations carried on at the Pyramids of Gizeh in 1837, 3 Bde., London, 1840—42.

und das nur, um ein Gerüst aufzustellen, würde selbst für jetzige Sprengtechnik eine umständliche Arbeit, eine Art Tunnelanlage in den soliden Felsen sein, sehr schwierig zweifellos im Jahre 1837, und doch leistete er dieses „blasting of the two outer tiers of the stones" in 1—2 Tagen (vom 25. auf den 26. Mai, l. c., 1, p. 273 und 275).

Daraus aber geht hervor, dass Hill nicht die ursprünglichen Blockmäntel weggesprengt hat, sondern zwei Schichten einer späteren Vermauerung oder einer irgendwie verfestigten Schuttmasse, wofür auch der weitere Umstand spricht, dass er nach Wegsprengung jener Schichten den Stein, welcher den Kanal verstopfte, in einer Entfernung von „about seven feet from the surface of the pyramid" antraf, und zwar nicht augenblicklich, sondern nachdem er seine Operationen am Kanal fortgesetzt hatte (l. c., 1, p. 285). Hätte er aber tatsächlich zwei Blockreihen weggesprengt gehabt, so wäre er schon ca. 2 m vorgedrungen gewesen und er hätte den Stein ohne weitere Operationen antreffen müssen. Vielleicht lässt sich jetzt noch bei genauer Untersuchung an Ort und Stelle ein Rest der von Hill zum Teil weggesprengten, geschichteten und roh gefügten Masse wahrnehmen.

Weiter ist folgendes zu beachten: das gefundene Stück Eisen lag in einer Fuge, „in a joint, which was covered by a larger stone partly remaining" (l. c., 1, p. 275), von den wohlgefügten Blöcken, aus denen die Pyramide aufgebaut ist, findet sich keine Andeutung, es ist nur, wie erwähnt, die Rede von „einem grösseren Stein, welcher über der Fuge lag".

Nun fehlen aber klaffende Fugen zwischen den Originalblöcken der Pyramide so gänzlich, dass mit Recht schon *Abdullatif* betonte, sie seien ohne Mörtel so genau aneinandergesetzt, „dass man weder eine Nadel, noch ein Haar zwischen die Fugen stecken könne," wovon ich mich an einer frisch vom Sand befreiten Blockfuge selbst überzeugt habe. Auch wurden die Steine schon im Steinbruch definitiv zugehauen und auf der Pyramide aneinandergereiht, wonach es an diesen mathematisch zugeschnittenen Felsblöcken nachträglich nichts mehr herumzuhantieren gab, weder mit Meisseln von weichem noch hartem Eisen. Die Annahme aber, es sei beim ursprünglichen Zusammenfügen der Blöcke oben auf der Pyramide ein metallener Meissel zwischen zwei derselben gefallen, sodass eine klaffende Fuge entstand, ist aus ägyptologischen Gründen undenkbar.

Auch war der Fund ohne jede theoretische Kritik gemacht, da man damals noch nichts von der Kulturenfolge der Bronze- und Eisenzeit wusste; drückt sich doch *Vyse* bei dieser Gelegen-

heit folgendermassen aus (l. c., p. 275, Anmerkung): „the smelting of metals seems to have been an antediluvian art, as artificers in iron are mentioned in the Bible."

Noch füge ich hinzu, dass die Oeffnung des südlichen Kanals allerdings frei gefunden wurde, nicht verstopft wie die des nördlichen („the mouth of the southern channel had not been forced" l. c., 1, 275); es ist aber wohl denkbar, dass eine, auf die Verstopfung durch den Stein erfolgte Vermauerung neuerdings von Schatzgräbern durchschlagen wurde, um zum Kanal zu kommen, haben sich doch Leute seit ältester Zeit an der Pyramide immer von neuem zu schaffen gemacht.

Schon zur Zeit von *Vyse* war die ganze Mantelhülle der Pyramide weggebrochen gewesen, und zwar mit eisernen Instrumenten natürlich, zur Verwendung der geglätteten Deckplatten an den Bauten der sarazenischen Fürsten in Kairo, wonach also das Hill'sche Eisen, wenn meine Kritik das richtige trifft, jünger sein muss, als die Hinwegnahme des Pyramidenmantels, und also überhaupt nur ein paar Jahrhunderte alt, wogegen auch die Erhaltung des im britischen Museum aufbewahrten Eisens nicht spricht, das zwar stark oxydiert, aber doch meist noch metallisch ist (*Olshausen*, l. c., p. 372).

Das sind die Gründe, weshalb ich den Satz von *Olshausen* und anderer, dass wir infolge des Hill'schen Fundes die Erfindung des Gusseisens in die Zeit Chufu's zu setzen genötigt seien, bestreiten muss.

Bei solchen Eisenfunden handelt es sich auch öfter um *Eisenerze* (Hämatit, Limonit u. a. m.), woran auch *Olshausen*[31]) erinnert; denn gerade in Afrika wurden dieselben schon zur Steinzeit in ausgedehnteste Verwendung gezogen; metallisch glänzende „Steinbeile" aus Hämatit sind so häufig, dass ich aus einer Sammlung von „Steinbeilen" der *Frobenius*'schen Expedition im oberen Nigergebiet nicht weniger als fünf Stücke herauspflücken konnte, die aus Hämatit bestehen, eines kam sogar aus dem Herzen der Sahara mit der Sammlung von Herrn *Hanns Vischer*[32]), aus dem Lande der Monbuttu sandte sie *Schweinfurth* schon 1884 (vergl. Verh. Anthrop. Ges. Berlin, 1884, p. 294), und aus Limonit wurden alle möglichen „Steinwerkzeuge" gefertigt, wie *Hamy*[33]) aus einer Höhle bei Konakry an der Goldküste beschrieben hat, sodass man wohl von

[31]) l. c. p. 370.

[32]) von mir zuerst vermutungsweise für roten Quarzit gehalten, siehe H. Vischer, l. c., p. 303, darauf aber als Hämatit erkannt.

[33]) Siehe L'Anthropologie, 12, 1901, p. 380.

„eisernen Steinwerkzeugen“ sprechen kann, freilich nicht von schmiedeeisernen.[34])

Feuersteingeräte haben sich als *prähistorische Relikten,* wie ich dies nenne, bis in die Chalcochronie und Siderochronie in Aegypten im Gebrauch erhalten und zwar nicht nur in der Form der wohlbekannten, zu rituellen Zwecken verwendeten sehr sorgfältig gearbeiteten Steinklingen, sondern auch als Pfeilspitzen, speziell für die Negertruppen; so wurde bekanntlich in dem Grabe eines hohen militärischen Beamten aus der 12. Dynastie (c. 2000 a. C, No. 1337 und 1338 des Museums in Kairo) die figürliche Darstellung von zwei Kompagnien leichter Infanterie aufgefunden, von denen die grösser gebildete, mit schlichtem Kopfhaar ausgestattete, mit bronzenen Spitzen versehene Spiesse trägt, während die kleiner gebildeten, wollhaarigen Soldaten mit Bogen und mit Pfeilen bewehrt sind, deren Spitzen aus Feuerstein bestehen, eine primitive Bewaffnung neben weit vorgeschrittener Art, lithochrone Waffen der Negersoldaten in dem schon zur Chalcochronie übergetretenen Aegypten, wie von einer noch viel späteren Analogie Herodot[35]) zu berichten weiss, welcher erzählt, dass die äthiopischen Bogenschützen im Heere des Xerxes Pfeilspitzen aus Stein gehabt hätten, inmitten der asiatischen Siderochronie also noch die Lithochronie repräsentierten. Diese Tatsachen, dass sowohl in Aegypten um 2000 a. C. als im persischen Heere 481 a. C. die Neger noch Pfeilspitzen aus Stein mit sich führten, spricht ausserdem gegen die neuerdings mit Lebhaftigkeit vertretene, allerdings auch nicht weniger lebhaft angefochtene alte Vermutung von *Gabriel de Mortillet,*[36]) dass dem Neger die so folgenschwere Erfindung der Verhüttung des Eisens zukomme und dass er also der Schöpfer der Siderochronie gewesen sei.

So, glaube ich, dürfen wir gewiss auch für Aegypten im wesentlichen an dem Dreiperiodensystem festhalten und speziell auch an der Bronze- und Eisenzeit, deren Aufeinanderfolge schon im 8. Jahrhundert a. C. von *Hesiod,* welcher der Bronzezeit nahe genug gelebt hat, bezeugt ist mit den Worten: „*τρίτον ἄλλο γένος ἀνθρώπων, τῶν δ'ἦν χάλκεα μὲν τεύχεα, χάλκεοι δὲ τε οἶκοι* (erzbeschlagene Häuser natürlich), *χαλκῷ δ'εἰργάζοντο· μέλας δ'οὐκ ἔσκε σίδηρος. νῦν δὴ γένος ἐστὶ σιδήρεον.*“

---

[34]) „Hämatit-Steinwerkzeuge“ wurden ausserdem in Europa, Asien und Nord-Amerika gefunden, siehe *Rud. Virchow,* Verh. Anthr. Ges. Berlin, 1884, p. 297.

[35]) Herodot, VII, 69.

[36]) Siehe: Matériaux pour l'historie de l'homme (3), 1, p. 120, zitiert nach *J. de Morgan,* Recherches sur les origines de l'Egypte, Paris, 1896, pag. 196.

Lucretius ferner betont: „prior aeris erat quam ferri cognitus usus."

Speziell für Aegypten aber spricht im 1. Jahrhundert a. C. *Agatharchides*[37]) davon als von einer bekannten Tatsache, indem er bei Gelegenheit der Beschreibung dortiger Goldbergwerke folgendes äussert: „*εὑρίσκονται δὲ ἔτι καὶ καθ' ἡμᾶς ἐν τοῖς χρυσείοις τοῖς ὑπ' ἐκείνων κατασκευασθεῖσι λατομίδες μὲν χαλκαῖ, διὰ τὸ μήπω τὴν τοῦ σιδήρου κατ' ἐκεῖνον τὸν χρόνον ἐγνωρίσθαι χρείαν,*" was übersetzt folgendermassen lautet: „man findet aber auch noch zu unserer Zeit in den von jenen gegrabenen Goldgruben bronzene Steinbrechwerkzeuge, da sie zu jener Zeit den Gebrauch des Eisens noch nicht kannten."

Angesichts dieser Zeugnisse alter Schriftsteller wird man nur umso mehr zögern, den Satz anzunehmen, dass die Aegypter die Reduktion der Eisenerze, die Herstellung des Schmiedeeisens also schon mitten in, ja wie einige wollen, schon zu Anfang der Bronzezeit gekannt hätten, und man wird noch immer mit *O. Montelius*[38]) geneigt sein, Angaben solch alter Eisenfunde mit Skepsis zu begegnen.

---

[37]) *Photii Bibliotheca,* ex recensione J. Bekkeri, 1824, p. 449.

[38]) *Montelius, O.,* l'âge du bronze en Egypte, L'Anthropologie, 1, 1890, p. 31; Man, 1905, p. 14.

Eingegangen 23. Mai 1910.

Das steinzeitliche Dolmengrab bei Aesch unweit Basel.

Von

Fritz Sarasin.

Ueber die Entdeckungsgeschichte des steinzeitlichen Grabes bei Aesch hat im Dezember 1907 *P. Sarasin* in den Basler Nachrichten (Sonntagsblatt Nr. 50, 15. Dezember 1907) vorläufige Mitteilung gemacht und dabei auf eine spätere genauere Bearbeitung und Darstellung hingewiesen. Eine solche konnte aber nicht unternommen werden, bevor nicht einige notwendige Ergänzungsarbeiten am Grabe selbst zu Ende geführt waren. Es hatte nämlich im Herbst 1907 die von uns gemeinsam geführte Untersuchung des Grabes wegen der winterlichen Witterung abgebrochen werden müssen, bevor sämtliche Fragen geklärt waren, und Gelegenheit zur Wiederaufnahme der Arbeit fand ich erst im Sommer 1909.

Situation des Grabes. Man folgt vom Dorfe Aesch aus in westlicher Richtung dem Strässchen, welches den Klusbach überschreitet und auf dessen linkem Ufer nach der „Unteren Klus" führt. Etwa 600 m bevor man diesen Hof erreicht, biegt man nordwestwärts ab, steigt durch die Reben an und erreicht bald, an einem Rebhäuschen vorbei, eine freie Feld- und Wiesenfläche, südlich und östlich von Reben, nördlich und westlich von Wald umsäumt. 40 m einwärts vom nördlichen, in leichtem Bogen verlaufenden Waldrand (ganz in der Nähe des Punktes 409 des Kartenblattes Blauen), 180 m von der westlichen Waldecke, wo eine Wegekreuzung sich befindet und 225 m von der östlichen Waldecke (Grenzpunkt von Wald und Reben) entfernt, befindet sich die Grabanlage. Höhe über dem Meer ca. 410 m.

Aussehen des Grabes vor der Ausgrabung. Wie sich die Grabanlage präsentierte, als ihr Entdecker, Herr Dr. *Karl von Blarer,* uns zum erstenmale hinführte, zeigt Textfigur 1. In einem lichten Tannenwalde erhob sich ein niedriger Tumulus, gekrönt von verwitterten und bemoosten Kalksteinplatten, die über seine Oberfläche hinausragten. Diese Platten bildeten die zwei Langseiten und eine Schmalseite eines rechteckigen Raumes; die andere Schmal-

seite, nämlich die auf dem Bilde dem Beschauer zugekehrte, war offen. Die Hauptplatte der im Bilde linken (nördlichen) Langseite war gegen die Lichtung des Grabes zu schräg eingestürzt. Ob dies auf natürlichem Wege im Laufe der Zeit geschehen oder ob, was viel wahrscheinlicher ist, der Versuch gemacht wurde, diese schöne Felsplatte zu irgend einem Gebrauch auszuheben, ohne aber diese Arbeit zu Ende zu führen, lässt sich nicht entscheiden.

Ausgrabung. Bevor an die Aushebung des Grabes geschritten werden konnte, wurde die eingestürzte Seitenplatte mit einer Winde



Fig. 1. Die unberührte Grabanlage.

gehoben und nach auswärts umgeschlagen. Später, nach Abschluss der Arbeiten, wurde sie an der ihr zugehörigen Stelle senkrecht aufgerichtet, wonach das seines Inhalts entleerte Grab den in Textfigur 2 dargestellten Anblick bot. Auf den Grabinhalt werden wir später eingehend zu sprechen kommen; er bildete eine Schicht von nicht mehr als ungefähr 50 cm Mächtigkeit, worauf man auf einen nicht ohne Sorgfalt gelegten Steinplattenboden stiess, welcher den unteren Abschluss der Grabanlage bildete. Dieses Pflaster ist auf der Photographie deutlich zu erkennen; es liegt in einer mittleren Tiefe von 90 bis 95 cm unterhalb der etwas unregel-

mässig gestalteten Oberkante der umrahmenden Steinblöcke; vor der Aushebung des Grabinhalts hatten diese 40 bis 45 cm über dessen Niveau vorgeragt.

Die Beschreibung des Grabes geht am besten von dem in Textfigur 3 dargestellten Grundriss im Niveau des Pflasterbodens aus.

Orientierung. Die Längsachse des Grabes c—d weicht nach korrigierter Missweisung um 18^0 von der West-Ostrichtung ab



Fig. 2. Die Grabanlage nach Aushebung des Inhalts.

und verläuft ungefähr OOS—WWN, die Querachse a—b somit NNO—SSW. Trotz dieser kleinen Abweichung werde ich in der Beschreibung des Grabes die Seiten als Nord-, Süd-, Ost- und Westseite bezeichnen.

Umrahmung des Grabes. Die Umrahmung des Grabes bilden gewaltige Kalksteinplatten; sie zeigen keine Spur künstlicher Zurichtung, sind aber offenbar sorgfältig ausgewählt worden, indem es darauf ankam, möglichst planparallele Stücke zu gewinnen. Die ebenere Fläche ist stets dem Innern der Grabkammer zugekehrt. Die aus der Erde vorragenden Teile der Platten sind stellenweise

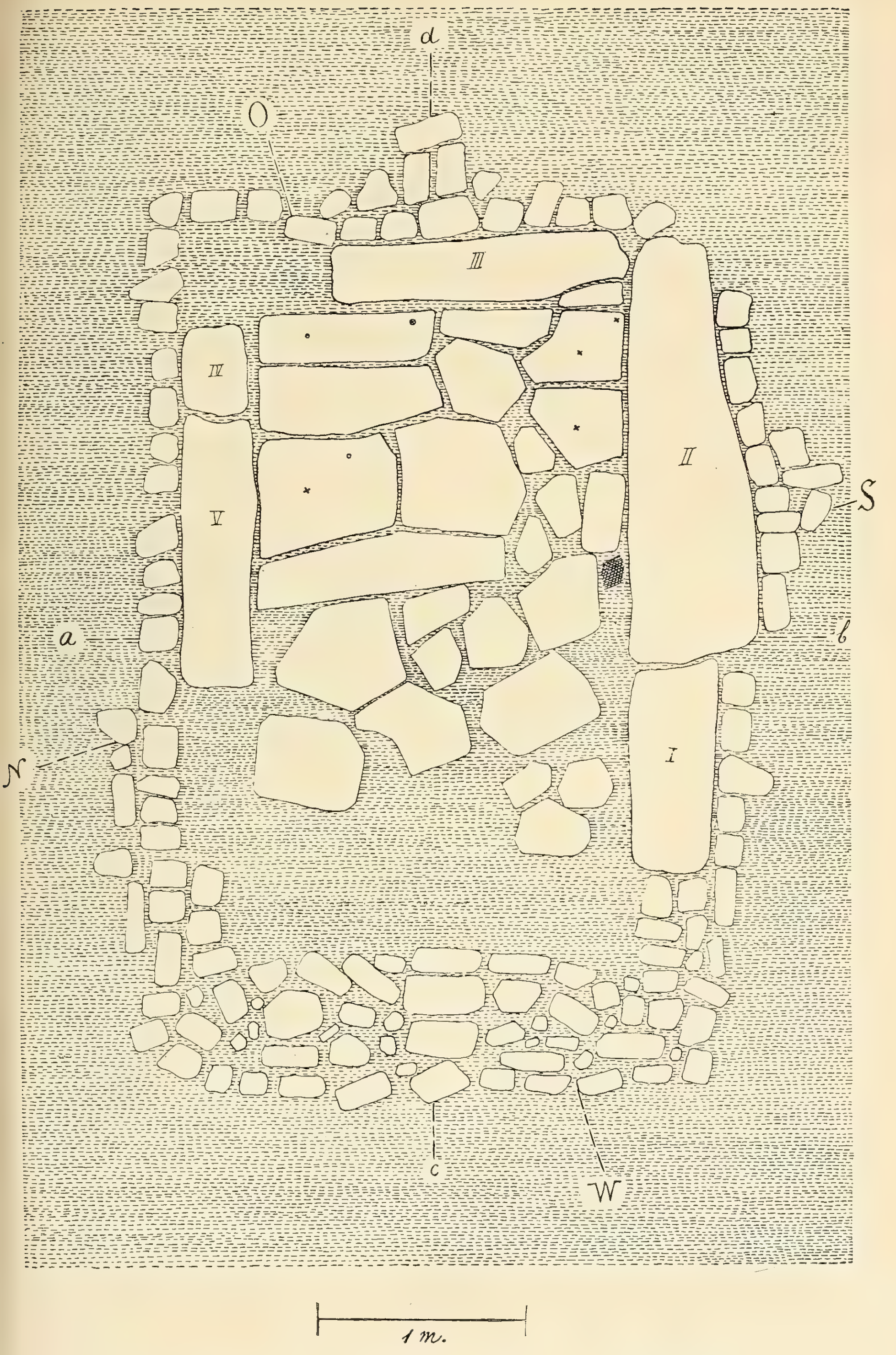


Fig. 3. Grundriss der Grabanlage im Niveau des Bodenpflasters.

stark verwittert und zerklüftet. Diese Kalkplatten sind ohne Zweifel aus dem hier überall anstehenden jurassischen Korallenkalk gewonnen worden.

Am besten erhalten ist die Südwand des Grabes; sie besteht aus zwei Platten, (No. I und II des Planes). Davon ist die grössere 2 m, die kleinere 1,05 m lang; ihre Höhe beträgt ungefähr 1 m, ihr Durchmesser an der Oberkante 30—35 cm. Der Durchmesser der grösseren Platte (II) nimmt nach unten, wo sie im Boden steckt, bedeutend zu und erreicht 62 cm. Wie ein durch die Südseite des Tumulus geführter Graben lehrte, war diese Platte von aussen durch angelegte und untergeschobene Kalkblöcke gestützt, offenbar um sie in ihrer senkrechten Stellung zu er-

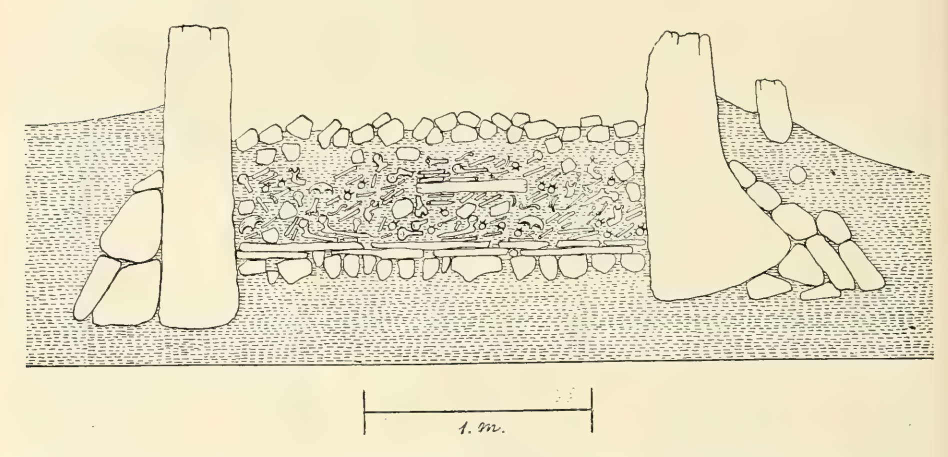


Fig. 4. Querschnitt durch die Grabanlage in Nord-Süd-Richtung.

halten. Man erkennt dies besonders deutlich auf Textfigur 4, welche einen Querschnitt durch die Grabkammer, annähernd in Nord-Südrichtung (parallel der Linie a—b des Grundrisses) wiedergibt; auch auf dem Grundriss ist diese Steinlage eingetragen. Die Ostwand der Kammer war nicht vollständig, indem, wie der Plan zeigt, in der Nordostecke ein Plattenstück fehlt; es war herausgerissen gewesen und lag ausserhalb des Grabes. Bei der Restauration ist es dann von uns wieder eingesetzt worden (siehe Fig. 2). Die an Ort und Stelle gebliebene Platte III hatte eine Länge von 1,40 m; ihre nördliche Hälfte war 1 m hoch; dann aber verjüngte sie sich gegen Süden zu, und diese Lücke war durch untergeschobene Steine ausgefüllt. Auch diese Platte war von aussen durch ein Steinwiderlager gestützt, wie man es auf dem Plane und deutlicher noch auf dem in West-Ostrichtung oder genauer in der

Linie c—d des Planes geführten Längsschnitt durch die Grabanlage (Fig. 5) wahrnehmen kann.

Die Nordseite ergab sich, nachdem die bereits erwähnte umgestürzte Platte (V) wieder aufgerichtet worden war, gleichfalls als lückenhaft; diese Platte, die sich durch eine besonders regelmässige Form auszeichnete, mass 1,20 m in der Länge, 1,35 m in der Höhe und 25—30 cm im Durchmesser. Zu ihr hatte, wie die Bruchfläche lehrte, ursprünglich auch das zahnartige Stück IV gehört, welches offenbar durch Wurzeln abgesprengt worden ist. Anschliessend an Platte V folgt wieder eine Lücke, welche höchst wahrscheinlich einmal durch eine Steinplatte eingenommen gewesen war; diese hat vermutlich ebenso weit westwärts gereicht als die entsprechende Platte I der Südseite.

Dagegen ist offenbar die Westseite der Grabkammer nie durch Steinplatten abgeschlossen gewesen, denn hier fand sich als Abschluss eine aus grösseren (20—40 cm im Durchmesser haltenden) und kleineren Kalksteinen aufgebaute, mauerartige Steinlage von ungefähr 80—90 cm Breite und etwa 50 cm Höhe. Man erkennt diese Abschlussmauer besonders deutlich auf dem Längsschnitt durch die Grabanlage (Fig. 5); auch auf dem Grundplan ist sie eingezeichnet worden, obschon sie erst um einige Zentimeter höher als das Niveau des Bodenpflasters beginnt. Man sieht hier auch, dass sich diese Mauerlage auf der Südseite des Grabes fortsetzt bis zum Anschluss an die Platte I und ebenso auf der Nordseite bis zu der erwähnten, der Platte I entsprechenden Lücke. Als eine weitere Fortsetzung davon kann man, wenn man will, die Kalksteine betrachten, welche als Widerlager um die grossen Platten herumziehen.

Dimensionen der Grabanlage. Die Lichtung der Grabkammer misst in der Längsachse, vom inneren Rand der Ostplatte III bis zum inneren Rand der westlichen Abschlussmauer gerechnet, 3,10 m, in der Querachse 1,80 m. Rechnet man die Dicke der Grabplatten und die Breite der westlichen Abschlussmauer hinzu, so steigt die Längsachse der Grabanlage auf 4,10 m, die Querachse an der Oberkante auf 2,30—2,40 m.

Der *Pflasterboden.* Eine eigentümliche Erscheinung ist die die Grabkammer nach unten zu abschliessende Steinplattenlage, wie sie sowohl auf der Photographie des entleerten Grabes, Fig. 2, als auch auf dem Grundriss, Fig. 3, innerhalb der umschliessenden Randblöcke deutlich zu erkennen ist. Sie besteht aus polygonalen Kalksteinplatten, deren Dicke von 2—6 cm. schwankt, und deren Dimensionen, wie man auf dem Plane nachmessen mag, erheblich variieren. Sie bilden eine Art von unregelmässigem Mosaik, welches

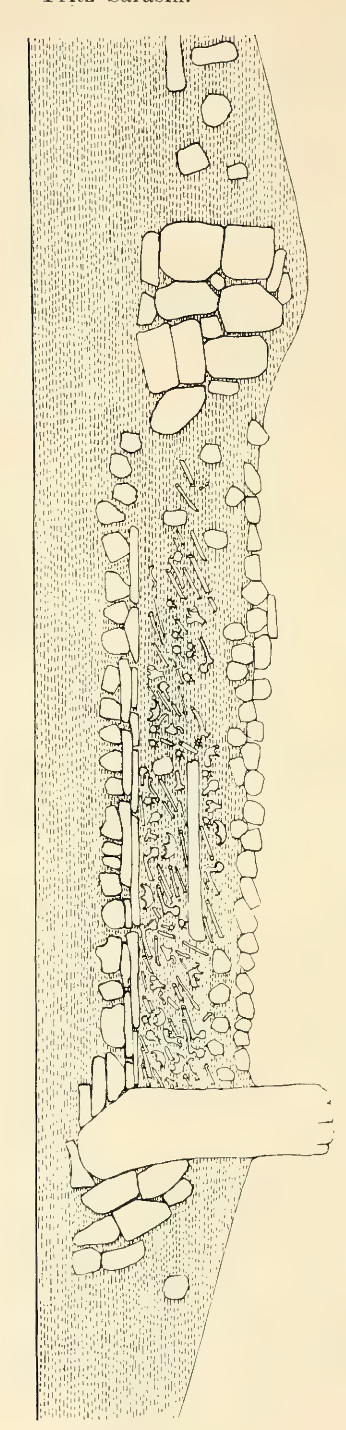


Fig. 5. Längsschnitt durch die Grabanlage in West-Ost-Richtung.

am schönsten im östlichen Teile des Grabes angelegt erscheint, nach Westen zu mehr und mehr lückenhaft wird und aufhört, ohne den westlichen Mauerabschluss zu erreichen. Nach Skizzierung des Plattenbodens, um ihn später wieder herstellen zu können, wurde er ausgehoben, und es fand sich, dass darunter eine zweite Plattenlage folgte, aus bald dünneren, bald dickeren Stücken zusammengesetzt. Diese untere Lage ruhte auf einem Bett eckiger, nebeneinander gestellter Kalksteinbrocken. Auf den beiden Durchschnitten, Fig. 4 und 5, erkennt man sowohl die doppelte Bodenplattenlage, als das unterliegende Kalksteinbett. Dieses selbst ruhte fest in gelber, natürlicher Erde.

Der *Tumulus*. Wie schon gesagt, ist die Grabanlage von einem niederen Tumulus umgeben, aus dem die Platten 20—30 cm weit frei vorragten. Sein Umfang beträgt etwa 33 m; seine Form

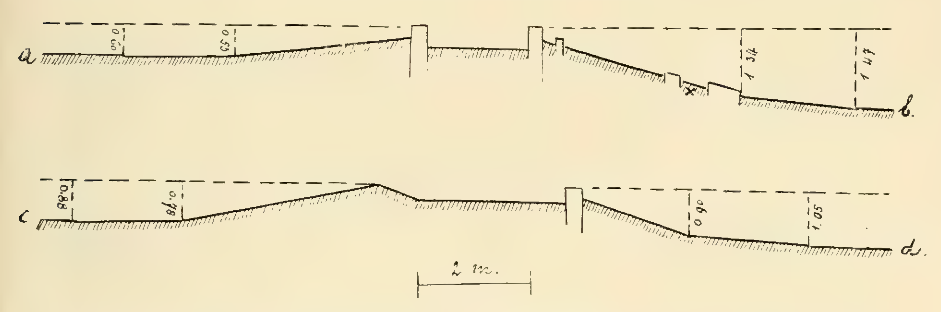


Fig. 6. Durchschnitte durch Grab und Tumulus in der Querachse a—b und in der Längsachse c—d.

ist unregelmässig, dem Ansteigen des unterliegenden Terrains von Süd nach Nord entsprechend. Fig. 6 gibt zwei Durchschnitte durch Grab und Tumulus, den einen in der Querachse a—b (ungefähr N—S), den anderen in der Längsachse c—d (ungefähr W—O) des Grabes. Der Durchschnitt a—b zeigt, dass der Tumulus auf der Südseite höher und steiler ansteigt als auf der Nordseite. In einer Entfernung von 3,50 m vom äusseren Grabplattenrand beträgt auf der Südseite die Höhendifferenz des Tumulus, vom oberen Grabplattenniveau an gerechnet, 1,34 m, um dann weitere 2 m nach aussen mit 1,47 m den tiefsten Punkt zu erreichen. Auf der Nordseite a dagegen ist der Tumulus viel flacher, in 3 m Entfernung vom Grabplattenrand nur 53 cm unter dem oberen Plattenniveau stehend, in 5 m Entfernung mit 60 cm den tiefsten Punkt erreichend. Der andere Tumulusdurchschnitt lehrt, dass der Ostabfall (d) steiler ist als der westliche (c). In 2 m Distanz vom Grabrand steht der erstere 90 cm, in 4 m Distanz 1,05 m unter

dem oberen Plattenniveau; auf der Westseite fällt der Tumulus auf eine Strecke von 3,50 m vom Grabrand bloss um 78 cm, auf eine Strecke von 5,50 m um 88 cm. Im allgemeinen gewinnt man den Eindruck, dass der Tumulus wesentlich dazu gedient hat, der Grabanlage Festigkeit zu verleihen.

Gräben, auf der Süd-, Ost- und Westseite durch den Tumulus von seinem Aussenrand bis zu den Grabplatten hin gezogen, zeigten, dass er oberflächlich aus schwarzem Waldhumus, darunter aus gelber Erde, vermischt mit Kalksteinbrocken verschiedener Grösse bestand; gegen die Grabplatten zu wurden die Steine reichlicher und bildeten dann jene Widerlager, von denen oben die Rede gewesen ist. Ein grosser, abgestorbener Wurzelstock im westlichen Tumulusmantel erwies sich als der einer Eiche; nach Mitteilung meines alten Erdarbeiters von Aesch soll früher statt des jetzigen Tannenwaldes der ganze Forst ein Eichenbestand gewesen sein.

Es ist noch nachzutragen, dass ausserhalb von den grossen Grabplatten der südlichen Langseite in etwa 20 cm Entfernung davon sich eine ihnen parallel laufende Reihe von drei kleinen Blöcken hinzog. Diese staken nur ganz untief im Tumulusmantel und ragten darüber hervor, so wie es Fig. 4 (rechts im Bilde) zeigt. Ihre mit den Grabplatten parallele Aufstellung scheint auf Absichtlichkeit hinzudeuten. Auf der nördlichen Langseite fehlte eine solche Steinsetzung, möglicherweise infolge der hier vor sich gegangenen Eingriffe. Auch an der Peripherie des Tumulus lagen einige Steinplatten, vielleicht einen Rest darstellend einer früheren regelmässigen Umgrenzung des Grabhügels.

Es kann nämlich kein Zweifel darüber bestehen, dass die Grabanlage im Laufe der Zeit Störungen erlitten habe. Das Fehlen von Teilen der Grabumrandung lässt keine andere Deutung zu. So drängt sich die Frage von selber auf, ob nicht ursprünglich die jetzt offene Grabanlage von einer oder von mehreren Deckplatten überdacht gewesen sei, welche Platten später weggeschleppt worden wären. Solche grosse natürliche Steinplatten werden beispielsweise in der Gegend mit Vorliebe als Bachübergänge benützt. Aus Analogie mit Grabdolmen anderer Länder ist das Vorhandensein von Deckplatten fast als gewiss anzunehmen, aber ein absolut bindender Beweis hiefür ist darum nicht zu erbringen, weil auch beispielsweise in Frankreich Dolmenbauten ohne Deckplatten vorkommen, von denen man vermutet hat, sie hätten statt einer steinernen Bedachung nur ein Holzdach getragen (vergl. *J. Déchelette,* Manuel d'Archéologie, vol. I, 1908, p. 395, Verweis auf Leguay).

Der Inhalt des Grabes. Vor der Ausgrabung war, wie gesagt, das Grab angefüllt gewesen bis ungefähr 40—45 cm unterhalb der inneren Oberkante der umrahmenden Steinplatten (siehe die Durchschnitte Fig. 4 u. 5). Die Ausfüllung bestand aus zahlreichen Kalkstücken, namentlich in den oberflächlichen Lagen, aus Erde und aus einer Unmenge von menschlichen *Skelettresten.* Solche fanden sich schon in ganz geringer Tiefe und nahmen gegen unten an Masse zu, wobei ich wiederhole, dass überhaupt die ganze Lage von der Oberfläche bis zum Steinpflaster bloss eine Mächtigkeit von 50 cm besass. Ungefähr in halber Tiefe lag eine horizontal gelegte Kalksteinplatte von 75 cm Länge, 50 cm Breite und 10 cm Dicke; sie trennte aufgelagerte Skeletteile von tiefer liegenden. Diese Platte, ein deutliches Zeichen von Nachbestattung, ist sowohl im Quer-, als im Längsschnitt zu erkennen (Fig. 4 u. 5).

Sämtliche Skelettreste befanden sich in hochgradigem Zerfall, so dass es nicht gelang, auch nur einen einzigen Langknochen unversehrt zu heben. Dabei zeigte es sich, dass die Brüche alte waren, zum Teil dadurch hervorgerufen, dass Wurzeln die Knochenkanäle ausgefüllt und dann die Knochen zersprengt hatten; andere Knochen hatten offenbar Brüche erlitten bei Anlass von Nachbestattungen, wenn für neue Leichen Platz geschaffen werden musste. In noch schlimmerem Zustand als die Skelettknochen befanden sich die Schädel, welche vollständig in Trümmer aufgelöst waren, so dass kein einziger gehoben werden konnte, ja nicht einmal eine Kalotte oder ein intakter Unterkiefer. Die meisten Schädelreste fanden sich gegen das Ostende des Grabes zu, aber auch sonst lagen allenthalben Trümmer zerstreut. Dabei ist noch zu bemerken, dass die Hauptmasse der Knochen in dem von den grossen Steinplatten umschlossenen Raume lag; weiter nach Westen zu, gegen die Abschlussmauer hin (siehe den Grundriss Fig. 3), wo das Steinpflaster aufhört, fanden sich nur noch vereinzelte Reste. Unterhalb des Pflasters fand keine Bestattung mehr statt; es wurden hier nur wenige kleine Knochentrümmer und Zähne angetroffen, welche offenbar durch die Lücken, namentlich längs der grossen Randplatten, hinunter gerutscht waren.

Der mangelhafte Erhaltungszustand der Knochen und die sekundären Störungen, welche die Grabschichte erlitten, machten es unmöglich, über die Lage der Skelette sicheren Aufschluss zu gewinnen. In einem einzigen Falle konnte konstatiert werden, dass die Beine sich in ausgestreckter Lage befunden hatten, indem die Ober- und Unterschenkel in situ angetroffen wurden. Andererseits fanden sich in der Südostecke Schädelreste und Langknochen eines Individuums auf einem so kleinen Raum beieinander liegend,

dass an Hockerstellung gedacht werden musste, wonach beide Bestattungsarten neben einander dürften vorgekommen sein.

Von Knochenresten wurde alles gesammelt, was irgendwie eine Bestimmung zuliess. Vornehmlich aber wurde auf die Zähne geachtet, welche der Verwitterung besser Widerstand geleistet hatten als die Knochen, um hieraus eine Statistik der Individuenzahl zu gewinnen. Wir werden gleich sehen, dass die Anzahl der gesammelten Zähne eine wesentlich grössere Individuenzahl ergab, als sich nach den erhaltenen Knochenresten hätte erwarten lassen. Im ganzen muss man sich überhaupt eher darüber wundern, dass in so geringer Tiefe unter der Oberfläche die Knochen nicht samt und sonders vollständig aufgelöst worden sind.

Unter den fast zahllosen Schädelfragmenten konnten konstatiert werden 12 linke und 8 rechte Temporalknochen erwachsener Individuen und ein linksseitiger von einem Kinde. Oberkieferreste Adulter fanden sich 5, weiter Reste von 8 Unterkiefern, wovon einer einem zahnlosen Greise angehört hatte; hiezu Kieferreste von 5 oder 6 Kindern.

Von kindlichen Skelettknochen war fast nichts erhalten geblieben, wohl aber sehr reichliche Erwachsener. Bestimmt wurden unter anderem 9 linke und 5 rechte Humerusunterenden, 6 linke und 4 rechte Radiusoberenden, 3 linke und 3 rechte Ulnaoberenden, 14 Femuroberenden und 5 Unterenden, 18 Kniescheiben usw.

Zähne. Eine bessere Statistik ergaben die Zähne, obschon uns ohne Zweifel in dem nassen und zu Klumpen sich ballenden Boden eine gute Zahl entgangen sein müssen. Von *Molaren* besitzen wir 225 Stück, worunter 12 noch unfertige M 3 (nicht eingerechnet wurden die aus Milchgebisskiefern stammenden, noch unfertigen M 1 und M 2). Diese 225 Molaren ergeben bei der natürlich unrichtigen Annahme, dass sämtliche bestattete erwachsene Individuen noch im Besitz ihrer 12 Molaren gewesen seien, 19 Individuen.

Prämolaren ohne die unfertigen aus jugendlichen Kiefern, *Schneide-* und *Eckzähne* ohne die Wechselzähne sind 311 gesammelt worden, was bei derselben Annahme wie oben 16 Individuen ergeben würde.

Rechnet man hiezu den schon erwähnten zahnlosen senilen Unterkiefer, so erhalten wir eine Minimalzahl von *20 Leichen Erwachsener.* Diese Zahl ist natürlich zu niedrig, denn abgesehen vom Zahnverlust beim Ausgraben sind in dieser Rechnung nicht berücksichtigt die zahnlosen Greise und ebensowenig der gewiss nicht unbeträchtliche Zahnverlust während des Lebens, indem unsere Rechnung auf dem Vollbesitz des ganzen Gebisses basiert. Es wird

daher eine Schätzung von *30* erwachsenen Bestatteten sicherlich noch eher zu niedrig als zu hoch gegriffen sein.

Viele Zähne sind sehr stark abgekaut, zuweilen bis auf den Hals. Trotzdem ist es nur selten (5 Fälle) zur Eröffnung der Pulpahöhle gekommen, indem in der überwiegenden Mehrzahl von Fällen sekundäre Dentin-Neubildung (Neodentin) eine Schutzhülle über der Pulpahöhle gebildet hat.

Gar nicht selten ferner sind kariöse Zähne, und zwar finden sich alle Grade von Caries, von ganz leichten, wo erst ein untiefes Grübchen im Dentin zu konstatieren ist, bis zu der weitgehendsten Zerstörung der Pulpahöhle und Aushöhlung des ganzen Zahnes. Weitaus die meisten Angriffstellen liegen seitlich an der Grenze von Krone und Wurzel. Im ganzen zähle ich 20 deutlich kariöse Zähne, was bei der Gesamtzahl von 536 gesammelten Zähnen Erwachsener einen Prozentsatz von 3,7 an kranken Zähnen ergibt. Es scheint dies nicht sehr erheblich, aber es ist doch wohl anzunehmen, dass die meisten schmerzhaften Zähne von den Leuten selbst ausgerissen worden und somit nicht auf uns gekommen sind. Jedenfalls war Zahnweh bei der Grabbevölkerung von Aesch ein wohlbekanntes Uebel.

Milchgebiss. 50 Backzähne beweisen das Vorhandensein von 7 Kindsleichen, hiezu 44 Eck- und Schneidezähnchen. Eine Annahme von *10* Kindsleichen erscheint, in Anbetracht der Neugeborenen, sicher sehr bescheiden.

Bestattungsweise. Es ist ohne weiteres klar, dass die 40 auf Grund unserer Statistik als Grabinhalt angenommenen Leichen (30 Erwachsene und 10 Kinder) nicht zu gleicher Zeit können bestattet worden sein; die untiefe Grabkiste würde von ferne nicht eine solche Menge haben fassen können. Vielmehr muss es sich um sukzessive, durch einen langen Zeitraum sich hinziehende Bestattungen handeln. Dass solche Nachbestattungen in der Tat stattgefunden haben, beweist allein schon die bereits erwähnte Steinplatte, welche in halber Grabtiefe lag und unter ihr befindliche Skelettreste von anderen trennte, die ihr aufgelagert waren; es ergibt sich dies ferner aus der gestörten Lage der Skelette, welche ohne Zweifel eben durch Nachbestattungen in Unordnung gebracht worden sind. Es erscheint aber des weiteren, angesichts der geringen Tiefe der Grabkammer — die ganze Bestattungsschichte hatte ja, wie gesagt, bloss eine Mächtigkeit von 50 cm — kaum anzunehmen, dass überhaupt frische Leichen hier bestattet worden sind; sie wären ja nur ganz notdürftig mit Erde zu bedecken gewesen. Es handelt sich vielmehr meiner Ansicht nach ohne jeden Zweifel hier um eine zweistufige Bestattung, wonach nicht die

Leichen, sondern erst die Skelette in der Grabkammer deponiert worden sind. Das Grab von Aesch ist also als ein Beinhäuschen anzusehen, in welchem ein nahes Dörfchen oder mehrere zerstreute Bauernhöfe sukzessive die Skelette ihrer Verstorbenen niederlegten, nachdem sie an anderer Stelle eine Vorbestattung erfahren oder einen Trocknungsprozess durchgemacht hatten. Auf die zahlreichen wohlbekannten Analogien aus Prähistorie und Völkerkunde brauche ich hier nicht einzugehen, möchte nur daran erinnern, dass heute noch im benachbarten Dörfchen Dornach ein Beinhäuschen zu sehen ist, als beredtes Zeugnis dafür, dass die zweistufige Bestattung sich in unserer Gegend bis in die Gegenwart hinein erhalten hat. Eine Bemalung der Knochen, wie sie gelegentlich mit der zweistufigen Bestattung Hand in Hand geht, war im Aescher Grab nicht zu konstatieren.

Bestattungen im Tumulus. Es blieb nun noch die Frage zu beantworten, ob etwa in der erwähnten, durch drei kleine Blöcke gebildeten, südlichen „Seitengalerie" oder im Tumulus selbst noch Bestattungen stattgehabt hätten. In der „Seitengalerie" fand sich nichts als ein einziges, offenbar durch Tiere verschlepptes Knöchelchen; ebensowenig ergaben Gräben, durch den West- und den Ostabfall des Tumulus gezogen, ein Resultat. Wohl aber fanden sich Skelettreste an der südlichen Basis des Grabhügels. Auf dem Durchschnitt a—b der Fig. 6 sieht man gegen die Basis des Tumulus zu zwei Steinplatten liegen, eine kleinere und eine grössere. In dem 50 cm breiten Raume zwischen diesen beiden Blöcken lagen in einer Tiefe von nur 20—30 cm und ganz von Wurzeln umwachsen im Tumulusmantel (bei x) menschliche Reste in völlig verwittertem Zustande; sie setzten sich auch weiter über den Plattenzwischenraum hinaus fort. Ob sie mehr als einem Individuum angehört hatten, liess sich nicht mehr entscheiden; immerhin ist durch den Fund bewiesen, dass auch im Tumulus selbst Bestattungen vorkamen.

Feuerstellen. Unterhalb des Bodenpflasters fand sich innen an der grossen Platte II der Südwand, 1,30 m von der Südostecke des Grabes entfernt, eine kleine Feuerstelle (als dunkler Fleck auf dem Grundriss, Fig. 3, angegeben, wobei aber zu beachten ist, dass diese Feuerstelle 10—15 cm tiefer liegt als die Oberfläche des Bodenpflasters). Es lagen hier angebrannte Kalksteine und verkohlte Knochensplitter, welche von Röhrenknochen irgend eines grösseren Jagdwildes stammen dürften; eine Bestimmung der kleinen Reste war nicht möglich. Die senkrechte Grabplatte muss zur Zeit, als das Feuer angemacht wurde, schon an ihrem Platze gestanden haben, denn sie ist an der betreffenden Stelle angeschwärzt. Ich

vermute, dass das Feuer den Arbeitern, welche das Grabmal errichteten, zum Kochen einer Mahlzeit gedient hatte; das Bodenpflaster war damals noch nicht gelegt gewesen. Einige wenige verkohlte Knochensplitter sind auch in der Südostecke des Grabes, dem Bodenpflaster aufliegend, gefunden worden; sie werden in analoger Weise zu deuten sein. Die Idee eventuellen Leichenbrandes ist durchaus von der Hand zu weisen, angesichts der ungeheuren Menge menschlicher Skelettreste ohne Brandspuren.

Grabbeigaben. Man hätte erwarten sollen, dass bei der grossen Zahl der im Grabe geborgenen Leichen sich auch eine stattliche Menge von Beigaben hätte finden sollen. Dies ist aber durchaus nicht der Fall, sondern es sind der Fundstücke so wenige, dass man beinahe vermuten könnte, es handle sich hier überhaupt nicht um Beigaben, sondern um zufällig verloren gegangene Gegenstände. Unsere gesamte Ausbeute besteht aus folgenden Dingen:

Zwei Messer aus weissem Silex;
Drei Spitzen aus weissem Silex;
Eine Spitze aus gelb und rotem Jaspis;
Drei rohe Thonscherben;
Ein durchbohrter Bäreneckzahn;
Zwei durchbohrte Hundeeckzähne, wovon einer nur zur Hälfte vorhanden;
Zwei nicht durchbohrte Hundeeckzähne;
Ein Stückchen Schmelzlamelle eines Eberhauers;
Ein Schädelamulett mit Trepanationsmarke.

Die *Silexmesser* (Tafelbeilage, Fig. 5 und 6) sind 49 und 40 mm lang; beide sind auf der einen Seite flach und unbearbeitet; das kleinere zeigt auf der Oberseite Absprengflächen und einseitig eine retuschierte Schneide; beim grösseren, Fig. 5, ist die ganze Oberseite mit muscheligen Ausbrüchen und die Schneide mit feinen, kleinen Retuschen versehen.

Von den *Spitzen* zeigt jede für sich Besonderheiten. Die der Tafelbeilage, Fig. 9, ist 37½ mm lang, von lorbeerblattähnlicher Form, beidseitig sorgfältig konvex herausgearbeitet, mit einem stumpfen und einem spitzen Ende und mit retuschierten Rändern versehen. Die der Figur 10 von 40 mm Länge ist auf der einen Seite flach und ohne Bearbeitung; auf der anderen (der abgebildeten) zeigt sie Abschlagflächen und eine linke retuschierte Schneide und ebensolche Spitze. Die kleinste (Fig. 8), nur 24½ mm lange, ist gleichfalls auf der einen Seite flach und unbearbeitet; auf der anderen ist sie ringsum retuschiert, und sie besitzt einen kurzen, aber bloss einseitig fertig herausgearbeiteten Stiel zur Befestigung. Die gelb und rote Jaspisspitze (Fig. 7) endlich ist etwas länger als die drei be-

schriebenen, nämlich 43½ mm messend; hinten ist sie quer abgebrochen, dürfte also ursprünglich noch länger gewesen sein; auf der Unterseite ist sie flach, auf der oberen mit wohl retuschierten Schneiden versehen. Sie dürfte, wie schon *Paul Sarasin* in seinem Vorberichte ausgesprochen hat, als Lanzenspitze gedient haben, während die anderen drei ohne Zweifel als Pfeilspitzen zu deuten sind.

Die Jaspisspitze fand sich unterhalb einer der Pflasterplatten des Grabbodens; sie ist also wohl beim Bau der Grabanlage verloren worden. Die Fundstellen von vier anderen Silexgeräten sind durch ein × im Grundplan (Textfigur 3) angegeben; das sechste wurde im Aushub aufgelesen.

Die drei *Thonscherben,* von denen die grösste 72 mm lang, ca. 50 breit und ca. 10 dick ist, sind fast vollkommen flach, wonach sie einem grossen Gefässe müssen angehört haben und ohne jede Verzierung. Der Brand ist schlecht, und der Thon enthält weisse Quarzkörner. Es hatte keinen Zweck, sie zur Abbildung zu bringen.

Der *durchbohrte Bäreneckzahn* (Fig. 2), dessen Fundstelle in der Nähe des Ostendes des Grabes durch ein ⊖ im Plane der Textfigur 3 angegeben ist, hat eine Länge von 69 mm. An der Wurzel (rechts im Bilde) zeigt er einen alten Abbruch, und desgleichen ist der Bruch der oberen Umrandung des Aufhängeloches ein alter. Es ist möglich, dass diese Beschädigungen erst im Grabe selbst, bei der Ausfüllung mit Steinen oder bei späteren Nachbestattungen zustande gekommen sind.

Der *durchbohrte Hundeeckzahn* der Fig. 4 misst 31½ mm; er war ursprünglich intakt, und die Defekte entstanden erst beim Trocknen; ein zweiter durchbohrter Zahn wurde nur zur Hälfte gefunden. Hiezu zwei weitere undurchbohrte Hundeeckzähne, von denen einer, 34½ mm langer und sehr schön erhaltener in Fig. 3 abgebildet worden ist. Wahrscheinlich waren diese undurchbohrten Zähne als Schmuckstücke aufgenäht. Die Fundstellen von zweien dieser vier Hundezähne sind mit einem ○ auf dem erwähnten Plane angemerkt.

Die *Eberzahnlamelle* besteht nur aus einem kleinen, 24 mm langen Fragment (nicht abgebildet).

Ein sehr merkwürdiges Stück ist endlich das *Schädelamulett* der Fig. 1. Es ist aus einem menschlichen Schädel herausgearbeitet, von unregelmässig rundlicher Form, 33 mm im grössten Durchmesser haltend. Auf der einen Seite zeigt es einen mit einem schneidenden Instrument hergestellten, unregelmässig halbkreisförmigen Ausschnitt. Die Knochensubstanz dieses halbmondförmigen Ausschnittrandes weist Spuren eines vor sich gegangenen Heilungsprozesses auf, und es erscheint mir daher als gewiss, dass es sich

hier um die Umrandung einer intra vitam hergestellten Trepanationsöffnung handelt, und dass somit das ganze ein Amulett darstellt, welches aus einem trepanierten Schädel herausgeschnitten worden ist.

Ein sehr ähnliches, wenn auch in seiner Gesamtform unregelmässigeres Schädelstück, welches ebenfalls an einem Rande den halbkreisförmigen Ausschnitt einer am Lebenden ausgeführten Trepanation aufweist, findet sich bei *Déchelette*, l. c., p. 476, aus einem Dolmengrab der Lozère abgebildet. Solche Schädelamulette,



Fig. 7. Abspliss eines weissen Quarzitrollblockes, $^2/_3$ nat. Grösse.

„rondelles craniennes", mit oder ohne Aufhängelöcher, sind in französischen Dolmen eine äusserst häufige Erscheinung. *Déchelette* sagt darüber: „Die Schädelamulette wurden mit Vorliebe solchen Schädeln Verstorbener entnommen, welche im Leben die chirurgische Trepanation durchgemacht hatten, denn sie zeigen häufig einen Teil der verheilten Ränder einer solchen Oeffnung." Diese Worte gelten somit vollständig für das Schädelamulett von Aesch.

Die jetzt noch zu beschreibenden Fundstücke gehören ohne jeden Zweifel nicht zum Inventar der Grabbeigaben, sondern stellen Reste des Handwerkzeuges der Erbauer der Grabanlage dar. Unter den Kalksteinen des Grabinhaltes, ja noch unterhalb des Boden-

pflasters und nicht minder im Mantel des Tumulus, besonders in der Nähe der Grabplatten, kamen häufig bald grössere, bald kleinere Absplisse buntgefärbter, grüner, roter und weisser Quarzitstücke und Buntsandsteine zum Vorschein, deren eine glatte und gerundete Oberfläche bewies, dass sie Trümmer von Rollsteinen darstellten. Textfigur 7 gibt einen solchen Abspliss eines weissen Quarzitrollblockes in $^2/_3$ natürlicher Grösse wieder. Man erkennt daran sowohl die ursprünglich glatte Oberfläche des Rollsteines, als die Narben abgesprungener Teilstücke. Diese Rollsteine gehören, wie mir Herr Dr. *E. Greppin* freundlichst mitteilte, zu dem im Jura weitver-



Fig. 8. Hammerstein aus rotem Buntsandstein, $^2/_3$ nat. Grösse.

breiteten, nach *A. Gutzwiller* aus dem Schwarzwald stammenden Geschieben, welche im oberen Teil des Mittelmiocän durch Flüsse hergeschafft und bei der Faltung des Jura mit in die Höhe gehoben worden sind. Auf dem Kalkrücken, welcher das Grab trägt, fehlen sie zwar, da dieser aus den Trümmern eines alten Bergsturzes besteht, sie befinden sich aber ganz in der Nähe in Feldern und Rebbergen. Ohne Zweifel sind sie vom Menschen nach der Grabanlage gebracht worden; aber zu welchem Zwecke? Des Rätsels Lösung liess nicht lange auf sich warten, denn bald kamen wohlerhaltene Rollsteine zum Vorschein, denen man deutlich ansah, dass damit gearbeitet, gehämmert worden war. In Textfigur 8 ist

ein solcher Rollstein, aus rotem Buntsandstein bestehend, dargestellt und zwar ebenfalls in $^2/_3$ natürlicher Grösse, welcher am einen Ende, wo er angefasst wurde, glatt und unverletzt erscheint, am anderen, dem Schlagende, eine ganze Reihe von Absplissmarken zeigt. Eine Mittelkante (oben im Bilde) hat infolge vielen Schlagens eine weisslich trübkörnige Beschaffenheit angenommen. Ganz ähnlich weist der weisse Quarzitrollblock der Textfigur 9 deutliche Spuren vielfachen Gebrauches auf.

Diese Hammersteine oder Hammerblöcke zeigen teilweise bedeutende Dimensionen und ein grosses Gewicht. Wir besitzen solche von 14 und 19 cm Durchmesser und 3—4 kg Gewicht.



Fig. 9. Hammerstein aus weissem Quarzit, $^2/_3$ nat. Grösse.

Wozu dienten nun wohl diese ungemein rohen Geräte, die sich neben den zierlichen Messern und Spitzen aus Silex recht fremdartig ausnehmen? Dass sie irgendwie beim Bau des Grabes verwendet worden sind, ist sicher, denn das beweisen die an Ort und Stelle gefundenen Absplisse, als deutliche Zeichen ihres Gebrauches. Diese Absplisse lehren auch, dass auf Stein muss geschlagen worden sein, denn Holz würde diese harten Quarzite und Buntsandsteine nicht zum Platzen gebracht haben. Es ist daher wahrscheinlich, dass damit der Pflasterboden und das ihn tragende Steinbett festgeschlagen worden sind. Andererseits fanden sich aber auch mehrere Hammerblöcke und Bruchstücke von solchen im Tumulus selbst, so im südlichen Tumulusdurchschnitt drei grosse

Stücke etwa 30 cm vom Aussenrand der senkrechten Grabplatte entfernt in einer Tiefe von 40—50 cm. Ein weiterer grosser Hammerstein lag im östlichen Tumulusabfall, 2,10 m vom Grabe entfernt und nur 20 cm tief im Boden; der grösste wurde auf der Westseite, am Aussenrand der abschliessenden Mauer, untief in der Erde gefunden. Daraus scheint hervorzugehen, dass diese „Hämmer“ auch Verwendung gefunden haben, um die Widerlagersteine der grossen Grabplatten und die Steine der Mauer fest in die Erde zu rammen.

Es ist auffallend, dass, soweit ich wenigstens die Literatur übersehe, solche als Rammsteine dienende Rollblöcke darin nicht erwähnt werden. Vermutlich sind sie übersehen worden, denn es ist nicht möglich, dass sie bloss zum Instrumentarium der Neolithiker der Umgebung von Basel gehört haben können.

Alter des Grabes. Für die Altersbestimmung ist zunächst massgebend, dass alle Metallgeräte fehlen. Das ganze Fundinventar ist ein typisch neolithisches und zwar ein spätneolithisches, wonach wir mit Sicherheit das Aescher Grab in die spätere Neolithische Periode, sagen wir, in die zweite Hälfte des dritten vorchristlichen Jahrtausends setzen dürfen. Damit stimmt, wie wir gleich sehen werden, auch der Typus der Grabanlage selber aufs beste überein.

Vergleichende Bemerkungen. Das Aescher Grab, wie es im vorhergehenden beschrieben worden ist, stellt eine aus rohen Felsplatten gebildete Kiste dar, unten begrenzt durch ein Plattenpflaster und eingeschlossen in einen niederen Tumulus, aber über denselben etwas herausragend; es enthielt die Reste zahlreicher, sukzessive darin beigesetzter Leichen. Eine Bedachung des Grabes fehlte, aber wir müssen annehmen, dass ursprünglich vorhanden gewesene, abschliessende Deckplatten später zu irgend einem Gebrauch verschleppt worden seien, wenn wir uns nicht mit der bereits erwähnten, weniger wahrscheinlichen Hypothese eines Holzdaches behelfen wollen.

In welche Kategorie von Grabbauten nun ist die Aescher Anlage einzureihen? Ich denke, wir werden kaum irren, wenn wir sie mit dem Namen eines *„Dolmengrabes“* belegen. Darüber, was ein Dolmen zu nennen ist, gibt uns die in Frankreich geltende, auf *G. von Bonstetten* 1865 zurückgehende Definition Aufschluss: „Der Name Dolmen gilt für jedes Steinmonument, bedeckt oder nicht bedeckt von Erde und von genügenden Dimensionen, um mehrere Bestattungen aufzunehmen, gebildet von einer wechselnden Zahl roher Blöcke, den Tischen, welche horizontal über dem Bodenniveau durch zwei oder mehr als zwei Stützplatten gehalten werden.“

(Vergl. *S. Reinach,* Terminologie des Monuments Mégalithiques, Revue d'Archéologie, (3), 22, 1893.)

Nahe verwandt mit den Dolmen sind die Steinkisten, „Cists", nach der Definition von *Montelius:* „Ein grosses, oblonges, vierseitiges Grab, ganz analog der Kammer einer „allée couverte", was Dimensionen und Konstruktion betrifft, aber ohne zuführenden Gang und gewöhnlich aus grossen Platten errichtet. Der untere Teil ist von einem Tumulus aus Erde oder aus Steinen umgeben, aber der obere Teil liegt häufig frei zu Tage" (siehe *Déchelette,* l. c., p. 377). *Reinach* l. c. nennt noch als Unterschied von Steinkisten und Dolmen, dass die ersteren allseitig geschlossen seien, während die Dolmen einseitig einen Zugang, in extremer Ausbildung eine allée couverte besitzen. Beim Aescher Grab bildet die Westseite, wo ein Plattenabschluss fehlte, das Rudiment eines solchen Zuganges. Im übrigen sind die Steinkisten nichts als kleine Dolmen, und die Abgrenzung der beiden Gruppen von Grabbauten entbehrt nicht der Willkürlichkeit. Ich ziehe es daher vor, den mehr allgemeinen Begriff „Dolmen" für die Aescher Grabanlage anzuwenden.

Die Dolmen, für deren Studium Frankreich der klassische Boden ist, sind in ihren Dimensionen den grössten Schwankungen unterworfen, worüber man *Déchelette* konsultieren möge. Sie sind aus rohen Felsplatten errichtet, deren flachere Seite einwärts gekehrt ist; bald stehen sie frei, bald sind sie partiell oder ganz in Tumuli eingeschlossen. Die Grabkammer und der zuführende Gang, wenn er vorhanden ist, sind meist mit Steinplatten gepflastert. Ihre Orientierung folgt keiner bestimmten Regel. Sie sind Beinhäuser, ossuaires, kollektive und sukzessive Bestattungen eines Stammes oder einer Familie enthaltend, weshalb die Knochen häufig sich in Unordnung befinden. Die Skelette sind öfters horizontal durch Steinplattenlagen voneinander geschieden. Einzelne Dolmen enthalten die Reste von bis 100 Skeletten. In einem und demselben Grabe befinden sich die Skelette bald in ausgestreckter Lage, bald in den verschiedensten Hockerstellungen. Im Verhältnis zur Skelettzahl sind die Beigaben wenig zahlreich; häufig sind trepanierte Schädel und Schädelamulette. Zeitlich gehören die Dolmen dem Neolithikum an, namentlich dem späten Neolithikum und dem Beginn der Bronzezeit. Wie man leicht erkennen wird, stimmen alle diese Merkmale aufs beste mit den Verhältnissen, wie sie das Aescher Grab geboten hatte, überein.

Die Verteilung der Dolmen in Frankreich ist keine gleichmässige; sie bilden vielmehr ein breites Band von der Normandie und Bretagne bis zur Mittelmeerküste der Departemente de l'Hérault

und du Gard. Im östlichen Frankreich sind sie selten. An unserer Südwestgrenze, in Savoyen, sind einige Dolmen vorhanden, wofür man die schönen Bilder von *P. Vionnet* vergleichen möge (Les Monuments Préhistoriques de la Suisse occidentale et de la Savoie, Lausanne, 1872). Die Verbreitung der Dolmen im übrigen Europa, in Nordafrika und Asien hat *Déchelette* zusammengestellt, p. 412 ff. Hier sei nur noch bemerkt, dass, während sie in West- und Nordeuropa häufig sind, sie im zentralen Europa fehlen; man findet keine Spur davon in den Rheinprovinzen und in Süddeutschland, p. 415.

Was nun die Schweiz angeht, so sind wohl hin und wieder Dolmen signalisiert worden, aber es ist mir kein Fall aus der Literatur bekannt, wo durch eine Ausgrabung die Grabnatur eines solchen Monumentes unzweifelhaft dargelegt worden wäre. *Ferd. Keller* (Ueber die Grabhügelbestattung in der Schweiz, Anzeiger für schweizerische Alterthumskunde, 1, 1868—1871) schrieb seiner Zeit: „Dolmen d. i. über einander gelegte Felsblöcke, unter denen unverbrannte Leichname bestattet sind, und die ursprünglich in der Regel von einem konischen Erdhügel bedeckt waren, gibt es keine in der Schweiz.“ Mehrfach sind erratische Blockgruppen, wo zufällig ein grösserer Block tischartig auf kleineren aufruhte, als Dolmen angemeldet worden; hierher die Dolmen von Hermetschwil, Kanton Aargau und von Bisikon, Kanton Zürich. Der unermüdliche *A. Quiquerez* hat im Berner Jura auf dolmenartige Monumente aufmerksam gemacht, die „Tables de rochers“ von Bure und von Grandgourt (Anzeiger für schweizerische Alterthumskunde, 3, 1876—1879).

Das Monument von Grandgourt habe ich aufgesucht und nach der Beschreibung *Quiquerez*'s auch gefunden; es liegt im Hintergrund des Tälchens Favergeatte, wo einem kleinen Felsenzirkus eine Quelle entströmt, ist aber ohne jeden Zweifel eine *natürliche* Bildung, entstanden durch von den Felsgehängen herabgestürzte Kalkblöcke, wobei zufällig ein grösserer, plattenartig aussehender Block auf drei kleinere zu liegen gekommen ist, so dass darunter ein Hohlraum entstand. Die ganze Schlucht ist von solchen Felstrümmern besät. Dieses „Monument“ ist somit endgültig aus der Literatur zu entfernen. Dasjenige von Bure war schon zu *Quiquerez*'s Zeit zerstört. Eine Platte bloss ist übrig geblieben (Q. gibt die Maasse) und bildet, wie ich mich überzeugte, heute noch die Schwelle des Pfarrhauses von Bure; zu diesem Behufe wurde sie hübsch regelmässig zugehauen. Es ist möglich, aber nicht mehr auszumachen, dass sie ursprünglich zu einem Dolmen gehört hat — die Rekonstruktion des genannten Autors ist ganz phantastisch —, sie kann aber ebenso gut von einem jüngeren Bauwerk herstammen.

J. Heierli (Urgeschichte der Schweiz, Zürich, 1901, p. 192) erwähnt als schweizerische Dolmen ausser dem oben genannten von Bure noch solche bei Oron und Vugelles-La Mothe im Kanton Waadt. Auch dieses sind recht fragwürdige Gebilde, aus einer Forschungsperiode stammend, wo man mit Vorliebe nach Altären aus der Druidenzeit fahndete und noch nicht wusste, dass die Dolmen sämtlich Gräber sind. *Fr. Troyon* (Monuments de l'Antiquité dans l'Europe Barbare, suivis d'une statistique des antiquités de la Suisse occidentale, Mémoires et Documents publiés par la Société d'Histoire de la Suisse Romande, 25, 1868) sagt über das Denkmal von Oron, p. 267: „Auf einer alten Karte des Amtes Oron ist ein Dolmen oder Trilith zwischen Maracon und La Rogive durch folgende Worte angegeben: drei Steine, einer auf den beiden anderen." Dies ist das Zeugnis für den Dolmen von Oron. Weiter über den von La Mothe an derselben Stelle: „Nahe bei La Mothe an den Ufern des Arnon ruhte ein Block von etwa 10' Höhe und 7—8' Breite auf drei Steinen, auf die er offenbar von Menschenhand gesetzt worden war." Vermutlich über dasselbe Denkmal sagt er, p. 466: „Unter einem Menhir nahe bei La-Mothes sammelte Herr Masset zwei Bronzecelte." Mit diesen Angaben ist nichts zu machen. Die beiden offenbar jetzt zerstörten Dolmen können ganz gut natürliche Bildungen gewesen sein wie der noch bestehende von Grandgourt.

Heierli war daher vollauf berechtigt, bei seiner Aufzählung der Bestattungsarten der schweizerischen Neolithiker (l. c., p. 147 ff.) Dolmengräber nicht aufzuführen.

Die Bestattungen fallen vielmehr nach ihm in folgende Kategorien:

1. Bestattung in Höhlen oder unter vorspringenden Felsen (Abris sous roche), in Grabkammern, aus losen Steinen gebildet oder auf Steinbetten (Dachsenbühl, Schweizersbild).

2. Hockergräber in kleinen Steinkisten unter dem Boden (Lemansee, Chamblandes etc., Wallis).

3. Bestattung in Grabhügeln ohne umgebende Steinkiste, nach voraufgegangener Verbrennung der Leiche. Diese Gräber gehören dem Ende der Steinzeit, der Kupferzeit, an (Tumuli auf den Gisnauflühen, östlich von Burgdorf, Tumuli von Oberwenigen und Schöfflisdorf, Kanton Zürich).

Ebensowenig kennt unsere Bronzezeit Dolmengräber; aber eine gewisse Aehnlichkeit mit der Aescher Anlage trotz manchen Abweichungen zeigt doch das Massengrab von Auvernier am Neuenburger See, ein Grab aus der Uebergangszeit von Stein- und Bronzeperiode stammend, indem darin neben Steinbeilen und durchbohrten

Zähnen von Bär, Wolf und Eber, Bronzegeräte gefunden worden sind. Bis jetzt ist dieses Grab ein Unikum geblieben (siehe *V. Gross, F. A. Forel* et *Edm. de Fellenberg,* Résultat des Recherches exécutées dans les lacs de la Suisse occidentale depuis 1866, Pfahlbauten 7. Bericht von Dr. *Ferd. Keller,* Publications de la Société des Antiquaires de Zürich, 19, cahier 3, Zürich, 1876; ferner *J. Heierli,* l. c., p. 244 und *F. A. Forel,* Le cimetière du Boiron de Morges, Indicateur d'antiquités suisses, nouv. série, 10, 1909).

Der Hauptunterschied der Gräber von Aesch und Auvernier liegt vor allem darin, dass das letztere ungefähr 2 m tief im Boden eingesenkt war, von aussen unsichtbar, ohne Tumulus; auch ist seine Konstruktion komplizierter; die Felsplatten, aus denen es aufgebaut war, sollen nach Angabe roh bearbeitet gewesen sein, während die Aescher Platten unberührte Naturblöcke sind. Das Grab von Auvernier zeigte eine 1,60 m lange und 1,30 m breite Deckplatte, welche den aus je drei senkrecht gestellten Platten gebildeten Seitenwänden aufgelagert war. Diese Seitenplatten begrenzten einen Raum von 1,13 m Breite; dieser war durch zwei eingesetzte Querplatten in eine mittlere Hauptkammer und je eine kleinere Endkammer geschieden, von denen die eine mit zwei kleinen Platten gedeckt war, die andere einen ungedeckten Zugang zur Hauptkammer bildete. Den Boden bedeckte ein einfaches Bett von Kies. Den Seitenwänden lief aussen eine zweite Plattenreihe parallel, so dass auf jeder Seite eine Art Nebengalerie zustande kam. Andeutungen einer solchen Galerie haben wir auch am Aescher Grab konstatiert (siehe p. 274). Uebereinstimmend in beiden Grabanlagen ist die Art der Bestattung; beides sind ohne Zweifel Beinhäuser, Ossuaires, in welchen die Toten erst als Skelette deponiert worden sind. In Auvernier lagen die meisten Skelette, 15—20 an der Zahl, in der Hauptkammer und zwar die Schädel an den Wänden, die Knochen in der Mitte. Die Beigaben waren, wie in Aesch, spärlicher, als die Skelettzahl hätte erwarten lassen. Für alle Einzelheiten vergleiche man die Originalarbeit, die von einem Plane begleitet ist, der sich allerdings nicht in allen Punkten mit der Beschreibung in Uebereinstimmung befindet. Der Plan ist auch in *Heierlis* Buch (l. c., p. 245) wiedergegeben. Die Grabanlage von Auvernier nimmt sich aus wie eine Weiterbildung des Aescher Typus, wie sie auch zeitlich offenbar etwas jünger ist als dieser; sie ist ein in die flache Erde eingesenkter Dolmen.

Aus diesen kurzen vergleichenden Bemerkungen geht hervor, dass eine genaue Parallele zum Aescher Grab bis jetzt in der Schweiz nicht konstatiert worden ist, wonach es die auf seine Ausgrabung und Darstellung verwandte Sorgfalt durchaus rechtfertigt.

Diese Grabanlage nimmt sich wie ein Fremdling in der Schweiz aus, deren Neolithiker andere Bestattungsweisen befolgten, und es kann kein Zweifel sein, dass sie auf Einflüsse von Westen her, aus Frankreich, zurückzuführen ist, wie auch heute noch der westliche Jura französischer Sprache und Sitte sich überaus zugänglich erweist. Um so dringender ist es geboten, den ganzen Jurazug einer sorgfältigen Untersuchung zu unterwerfen, denn es ist nicht möglich, dass das Aescher Dolmengrab das einzige seiner Art im Jura darstelle. Es wird vielmehr ohne jeden Zweifel gelingen, diesen ostwärts vorgeschobenen Posten durch entsprechende Bauwerke an die französische Dolmenregion anzuschliessen. Diese Untersuchung sollte unverzüglich vorgenommen werden, um von solchen Bauwerken noch zu retten, was dem Unverstand des Menschen und seiner Zerstörungswut etwa könnte entgangen sein.

Noch habe ich zum Schlusse einige Worte des Dankes anzufügen, zunächst an die *Gemeindebehörden von Aesch* für die bereitwillig gegebene Erlaubnis zur Untersuchung des auf Gemeindeland gelegenen Grabes und ebenso dafür, dass sie die wieder hergestellte Grabanlage unter ihren Schutz genommen haben, weiter an den Auffinder dieses Grabes, Herrn Dr. *K. von Blarer,* für mannigfache, bei der Ausgrabung geleistete Hilfe und endlich an Herrn Dr. *Karl Stehlin,* der mir bei der Aufnahme des Grabes seine grosse Sachkenntnis in solchen Dingen freundlichst zur Verfügung gestellt hat.

Eingegangen 13. Mai 1910.

Ueber Totenmasken aus Celebes und die Gebräuche bei zweistufiger Bestattung.

Von

L. Rütimeyer.

Im folgenden mögen einige Masken aus der Sammlung für Völkerkunde in Basel besprochen werden, bei denen, wie mir scheint, nicht nur ihre grosse Seltenheit, sondern besonders auch ihre innere Bedeutung und die durch Missionar *Kruijt* in Central-Celebes, der diese Masken entdeckt hat, nachgewiesene Art und Weise ihres Gebrauches von Interesse ist. Ueberdies ist, so weit ich sehe, in der Literatur von dieser Form centralcelebensischer Totenmasken nichts bekannt, so dass sich eine Mitteilung derselben wohl um so mehr rechtfertigen lässt.

Es erscheint auch eine genauere Beschreibung von Maskengebräuchen bei Naturvölkern in allen den Fällen erwünscht, wo man in authentischer Weise durch wirkliche Sachverständige und Augenzeugen über die genaue Art der Gebräuche und womöglich über deren innern Sinn orientiert ist. Vielerorts ist das auch bei Naturvölkern gegenwärtig nicht mehr möglich, da der ursprüngliche Gebrauch und seine Bedeutung vergessen ist und der erstere nur noch deshalb fortdauert, weil er eben Gebrauch ist, den man von den Vätern übernommen hat und ehrt. Die Maskengebräuche gehören ja, wie u. a. *Foy*[1]) dies ausführt, einer allgemeinen, ziemlich global sich ausbreitenden ältern Kulturschichte an, der sogenannten Zweiklassen-Kultur, zu deren typischen Kennzeichen u. a. Geheimbünde, Masken und Skelettkult gehören. Spuren dieser Kulturschichte, die vor der erodierenden Wirkung späterer Einflüsse noch erhalten geblieben sind, finden sich, wie eben erwähnt, bei Natur- und Kulturvölkern über die ganze Erde verbreitet, allerdings vielfach modifiziert und abgeblasst. Wo aber diese Schichte gleich einem Stück intakt gebliebenen geologischen Sedimentes noch klar und deutlich dasteht, muss sie festgehalten

---

[1]) *W. Foy.* Führer durch das Rautenstrauch-Joest-Museum der Stadt Cöln. 2. Aufl. 1908, p. 59, 71, 177.

werden, bevor sie dem immer rascher und intensiver zerstörenden Erosions- und Abrasionsprozess der überall einflutenden europäischen Kultur endgültig erliegt.

Die moderne Völkerkunde hat ja das Bestreben, überall die einzelnen Kulturschichten und deren Aufeinanderfolge herauszuarbeiten, ähnlich wie das die Prähistorie zu ihrem grössten Vorteile tut. Für Indonesien ist in dieser Beziehung noch manches dunkel, und es kann die Mitteilung jedes sichern Stückes einer typischen alten Kulturschicht für eine spätere einigermassen sichere Kombination der Kulturschichtenfolgen dieses Gebietes nützlich sein.

Die zwei seltenen Stücke, von denen im weitern die Rede sein soll, gelangten in unsere Sammlung als ein Geschenk des Herrn Missionar *Kruijt*, welches derselbe auf Veranlassung der Herren *Sarasin* der Sammlung machte, da es letzteren selbst auf ihren Reisen in Celebes nicht möglich gewesen war, sich solche sehr schwierig erhältliche Stücke, von denen sie wohl gehört hatten und deren Gebrauch sie kannten, zu beschaffen.[2]) Ich entnehme einem mir freundlichst zur Verfügung gestellten Briefe des Herrn *Kruijt* an die Herren *Sarasin*, dat. vom 5. Juli 1909, folgendes über die zwei Masken, welche der Posso-Gegend, Central-Celebes, entstammen.

Die beiden Masken sind von einem Mann und von einer Frau. Die Maske des Mannes ist u. a. daran zu erkennen, dass sie oben auf dem Kopf eine Vorragung hat; darin wird ein schlangenförmiges, kupfernes Schmuckstück befestigt, Sanggori genannt.[3]) Dieses Sanggori (Tafel VI, Fig. 1) ist ein Zeichen von Tapferkeit; die Vorfechter befestigen es im Haar, wenn sie zum Angriff übergehen. Wie bekannt, werden diese Masken vor die Pakete mit Knochen gebunden, welche man hiefür aus den Särgen holt und in Baumrindenstoff wickelt. Nach Ablauf des Totenfestes werden sie in der Reisscheuer aufbewahrt, in die Häuser dürfen sie nicht gebracht werden. Obschon man eine Scheu hat vor diesen Masken, weil sie in so enger Berührung mit den Toten gewesen sind, werden sie doch nicht als Media gebraucht, um mit den Toten in Kontakt zu kommen. Der Name Pemia (mia = Gesicht) und einige andere Umstände lassen vermuten, dass diese Masken von den Tomoristämmen und von den Barée Toradja's übernommen worden sind. Verschiedene Stämme der Barée Toradja's gebrauchen denn auch keine Pemia, sondern führen den Totentanz aus mit Knochenpaketen ohne solche Verzierung.

---

[2]) *P.* u. *F. Sarasin.* Reisen in Celebes, Bd. I, p. 231.

[3]) Zwei solcher Schmuckstücke aus der Gegend von Kulawi sind in der Basler Sammlung vorhanden. Vergl. l. c. Bd. II, p. 37.

In einer spätern Nachschrift schreibt *Kruijt* noch: „Die Pemia werden für mehrere Tote gebraucht. Jedesmal nach Ablauf des Totenfestes werden diese Masken versorgt, um beim folgenden Fest wieder zum Vorschein zu kommen und für andere Tote gebraucht zu werden, so lange bis sie zerfallen sind, dann werden sie begraben.“

1. Masken vom Possofluss.

Männliche Maske. (Tafel VI, Fig. 2.) Sie besteht aus einem Kopfteil und einem darunter befindlichen vorn abgerundeten, hinten flachen Stiel, alles aus einem Stück weissen Holzes geschnitzt. Das auf der Tafel abgebildete Kopfschmuckstück „Sanggori“ wurde s. Z. von den Herren *Sarasin* aus Sigi mitgebracht.

Totallänge der Maske 54 cm; Länge des Gesichtsteiles 22,5 cm; Breite 11 cm; Länge des Stieles 31,5 cm. Der Gesichtsteil ist hinten flach ausgehöhlt. Die Gesichtszüge gehen aus der Tafel hervor. Oben am Kopf ist ein breites Band als Andeutung der Haare schwarz gemalt, ebenso sind Augen, obere Augenbrauen und Mund mit dunkelbrauner Farbe markiert. Die Ohren sind ziemlich roh angedeutet. Das Gesicht sieht ausser einigen demselben anhaftenden Farbflecken wie neu gereinigt und abgerieben aus, während der Stiel schmutzig patiniert ist und deutliche Spuren des Gebrauches zeigt. Es stimmt dies zu der obigen Angabe von *Kruijt*, wonach die Masken jedesmal nach Ablauf eines Totenfestes versorgt werden, um beim folgenden Fest wieder hervorgeholt und (wohl etwas aufgefrischt) für andere Tote gebraucht zu werden.

Bei der *weiblichen Maske* (Tafel VI, Fig. 3), die jenen Aufsatz nicht zeigt, ist diese sekundäre Reinigung des Gesichtes, welches wie mit Bimsstein abgerieben aussieht, noch deutlicher, da rings um das Gesicht noch ein breites Band jener „Gebrauchspatina“ herumgeht, welche in der Farbe derjenigen des Stieles entspricht. Die Gesichtszüge der weiblichen Maske sind denen der männlichen ähnlich. Am obersten Halsteile des Stieles ist als weibliches Abzeichen ein Perlenhalsband eingeschnitten. Die Ohren sind auch sorgfältiger ausgearbeitet als bei der männlichen Maske. Die Totallänge der weiblichen Maske beträgt 44 cm; die Länge des Gesichtsteiles 20,5 cm; die Breite oben 13 cm; Länge des Stieles 23,5 cm.

Bevor wir genauer auf die Verwendung dieser Masken sowie auf den Versuch der Deutung des innern Sinnes dieses Gebrauches eingehen, ist es nötig, an Hand der auf eigener Anschauung be-

ruhenden Angaben von *Kruijt*[4]) uns ein Bild zu machen über die Vorstellungen, welche jene Toradjastämme über das Leben nach dem Tode sich machen.

Diese Angaben stammen aus langjähriger eigener Beobachtung *Kruijt's;* allerdings finden sich in den benutzten zwei Abhandlungen dieses gewiss sehr kompetenten Autors hie und da sich widersprechende Angaben, je nachdem der Autor eben aus erster Hand geschöpft hatte oder sich auf nicht immer harmonierende Aussagen stützen musste. Jedenfalls war es aber nur einem jahrzehntelang im Lande lebenden, mit der Bevölkerung in engste Berührung kommenden und sich für die Materie lebhaft und verständnisvoll interessierenden, sprachkundigen Sachverständigen möglich, eine so überaus schwierige Materie, wie die transcendenten Anschauungen eines Naturvolkes wie dieser Toradja's in solcher Weise zu erschliessen. Ich verdanke Herrn Dr. *F. Sarasin* die Uebersetzung des holländischen Textes, die er mir in freundlichster Weise geliefert hat.

Es gibt nach dem Glauben jener Toradja's von Central-Celebes drei Arten von Seele, die jede nach dem Tode ihre eigenen Schicksale haben. Eine derselben, Augga, schwärmt zuerst auf der Erde herum, bleibt zunächst nahe bei der Leiche, jedenfalls erreicht sie nicht unmittelbar ihre Bestimmung, das Seelenland Torate.

Jedenfalls kann sich die Seele, sei es nun, dass sie auf der Erde bleibt, sei es, dass sie in einem Haus oder an einem provisorischen Begräbnisplatz oder auch in der Unterwelt warten muss, nicht entfernen von diesen Plätzen bis das Totenopfer gefeiert wird, bei dem die Hauptsache ist die Reinigung der Skelette von den Weichteilen; erst nach dieser Handlung kann die Seele an ihren definitiven Bestimmungsort gehen.

Das Seelenland Torate ist unter oder in der Erde gedacht; die wandernde Seele hat dort verschiedene Fährlichkeiten zu bestehen, besonders die Seelen der Unverheirateten, die beim Passieren einer Schmiede auf den Ambos gelegt und gehämmert werden bis sie weiter dürfen, während die Verheirateten unbelästigt passieren. Jenseits eines Flusses mit Brücke, muss die Seele, auch wenn sie gleich nach dem Tode die Unterwelt betreten hat, in einem Hause warten bis das Totenopfer gefeiert wird. Erst wenn sie bei diesem Anlasse durch die Reinigung der Knochen von ihren Weichteilen des ihr noch anhaftenden Gestankes entledigt wird, kann sie ein-

---

[4]) *Alb. C. Kruijt.* a) Een tengke-opfer bij de Posso-Alfoeren, b) Een en ander aangaande het geestelijk en maatschappelijk leven von den Posso-Alfoer, beides in *Kruijt's* Mededeelingen von Wege het Nederlansche Zendeling genootschaft, Rotterdam 1895.

treten in die Seelenstadt Torate, wo sie in einem für Menschen unsichtbaren Körper wohnt. Die Seelen bekommen dort Aecker angewiesen, bepflanzen ihr Land, kurz, führen ein glückliches, paradiesisches Leben.

Einzelne glauben nun allerdings, das dieses nicht so ewig fortgeht, sondern dass diese Seele wieder stirbt, und an weitere Orte geht. Diese Konstruktion verschiedener Himmel ist wohl unter mohammedanischem Einflusse geschehen.

Einige Seelen ferner gehen verloren nach dem Tode des Körpers, sie sind verirrt und konnten den Weg zur Unterwelt nicht finden, sie bleiben auf der Erde, leben in den Wäldern, wo man sie hie und da brüllen hört.

Für Speise und Trank der Seele haben die Angehörigen zu sorgen, von der Erfüllung dieser Pflicht hängt wesentlich das Gedeihen der Ernte ab. Dazu dienen eben die Totenopfer, von denen drei gefeiert werden, eines sofort beim Tode, um die Seele mit Nahrung zu versehen, eines um ins Seelenland eingehen zu können und das letzte, das grosse Totenfest, um sie im Seelenland zu ernähren.

1. Bei den ersten Totenopfern werden bei Freien 1—2 Tage nach dem Tode Büffel geschlachtet und von den Angehörigen verzehrt, dabei wird der Sarg mit dem Toten in ein eigens dazu errichtetes Häuschen gebracht und oben auf den Sarg Reis, Holz, Kattun, Siri-Ingredienzen, zerbrochene Töpfe gebracht, dann hat der Tote zunächst Ruhe.

2. Das grosse Totenopfer oder Totenfest, je nach den Stämmen „Tengke“ oder „Gave“ (Topebato) genannt, ist in der Handlung bei den verschiedenen Stämmen, die hier in Betracht kommen, gleich, nur die Namen sind verschieden.

In der frühern Mitteilung, die *Kruijt* publizierte, bevor er selbst einem solchen Tengke-Opfer beiwohnen konnte, führt er nun aus, gestützt auf die Aussagen von Gewährsmännern, wie bei diesem grossen Totenfest durch Schlachten und Verzehren von Tieren Opfer gebracht werden, bei denen jedesmal Gebete ausgesprochen werden, Menschenopfer kommen hiebei nie vor. Es werden dann alle Leichen von Freien wie Sklaven, die seit dem letzten Totenfest begraben wurden, ausgegraben, die verfaulten Weichteile von den Knochen gestreift und diese von Priesterinnen in Stücke von Rindenstoff gewickelt. Von den Verstorbenen werden hölzerne „Bilder“ verfertigt, „Pemia“ genannt, die unter dem Dache aufbewahrt und jeweilen ersetzt werden. Von eigentlichen Masken wird in diesem Berichte nichts gesagt. Nach dem Totenfest werden alle Gebeine in eine Felskluft gebracht und dort gelassen.

Dieses grosse Totenfest wird etwa alle drei Jahre gefeiert; in der Regel, wenn zehn Todesfälle seit dem letzten vorgekommen sind. Die Häufigkeit dieser Feste hängt auch ab von der Menge des disponibeln Reises und der Opfertiere, da viele Freunde hiezu kommen und mitessen.

Genaueres über den Ritus dieser Totenfeste im Detail und über den Gebrauch der oben beschriebenen Masken dabei erfahren wir dann aus der andern Mitteilung *Kruijt's,* der im April 1895 zum erstenmale in der Landschaft Rorupe im Dorf Tolumba bei Tommasa am Unterlauf des Possoflusses dem Feste persönlich beiwohnen konnte. Das letzte Totenfest war dort 5 Jahre früher gefeiert worden. Wenn Häuptlinge sterben, wird es möglichst rasch nach deren Tode gefeiert, damit ihre Seele nicht zu lange gehindert sei, in Torate einzugehen.

Kruijt schreibt: „Dieses grosse Tengke-Opfer dauerte nun acht Tage, von denen vier für die Vorbereitungen verwendet wurden. Diese bestehen vor allem im Ausgraben der Leichen und im Reinigen und Einwickeln ihrer Knochen in Fuja (Rindenstoff). Dann wird in der Mitte des Lobo ein Katafalk aufgerichtet. Das wichtigste beim Fest geschieht durch Priester und Priesterinnen. Sie sind zu diesem Zwecke besonders geschmückt: vom Hinterhaupt hängt ein Bündel Fuja-Streifen herab. Die sieben amtierenden Priester sind unter einander verbunden durch doppelte Fujastreifen, die alle in eine Einheit zusammenfassen sollen.

Die gereinigten Knochen des Toten kommen nun ohne besondere weitere Anordnung in je ein Bündel von Fuja, nur der Kopf wird extra oben daran gesetzt und vor denselben wird nun die „Pemia", die Totenmaske gebunden. Dieselbe wird oben gedeckt mit dem Kopftuche, welches nach Art der Frauen angelegt wird, dazwischen werden gefärbte Fujastreifen in das Kopftuch gesteckt, welche Blumen darstellen sollen, diese Streifen heissen „Pesese". Sie werden sorgfältig aufbewahrt, auch in den Krieg mitgenommen; sie sind ein Mittel, um sich mit den Geistern der Verstorbenen, die ihnen helfen sollen, in Verbindung zu setzen."

Wir sehen also, diese Pesese sind eine Art wichtiger Amulette. „Ausser dieser Ausrüstung werden noch an einem nachgemachten Arm kupferne Ringe aufgesteckt und jeder Tote mit Sarongs umhangen. Die so vorbereiteten Knochenbündel werden nun mit ihren Schädeln, den Totenmasken und allem Zubehör auf den Katafalk gesetzt in der Mitte des Lobo. Dieser Katafalk ist ein Bambusgerüst ähnlich einer javanischen Ruhebank und 1 m hoch, 2 m lang, $1^1/_5$ m breit. Die Toten werden auf dem Katafalk angelehnt, die Gebeine eines derselben kommen in ein Kistchen

unter den Katafalk. Zu den Stützen des letzteren sind kleine am Ende dreifach gegabelte Bambusstückchen angebracht, „Widus" (Widu = Zeichen der Würde). Wenn der Katafalk nach dem Fest zerstört wird, um der Seele im Seelenland als Wohnung zu dienen, wird man an diesen Widus sehen können, dass darin Adelige, Kabosenja, wohnen."

Die Leichen der Sklaven werden auch gereinigt, aber nicht auf den Katafalk gesetzt, ob sie auch eine Totenmaske bekommen, geht nicht aus der Beschreibung hervor.

„In der vierten Nacht des Festes wird dann konstant auf die grosse Trommel geschlagen, um die Seelen der in diesem Augenblick noch im Wachthäuschen befindlichen Toten zu rufen, damit sie gegenwärtig seien, um dann für immer Abschied zu nehmen von den Lebenden. Auch am folgenden Tag wird dieses Aufrufen der Seelen durch die Trommel fortgesetzt durch Priester und Priesterinnen, die im Kreise herumlaufen, dabei unverständliche Worte aussprechend; sie dürfen sich bei diesem Werke nicht umsehen, auch nicht trinken, höchstens Siri kauen. Zeitweise erschallt ein Gesang, der das Verlangen nach den Toten ausdrückt, wobei wie bei den meisten Gesängen der Toradja's einer ein Solo vorträgt, das vom Chore wiederholt wird.

Am Schlusse der *eigentlichen* viertägigen Totenfeier gehen die Priester morgens 10 Uhr, gefolgt von Frauen (nur Freien), die die eingepackten Knochen der Toten tragen, rund im Lobo herum, wobei wieder monotoner Gesang ertönt. So zwei Vormittage, wobei die Meinung dieser Handlung, beziehungsweise Prozession ist, dass man die Toten gleichsam liebkosend noch zum allerletzten Male in seiner Mitte aufnimmt und pflegt, um dann für immer Abschied zu nehmen von ihren Ueberresten und zugleich von ihren Seelen. Am Ende des Festes werden sie dann aus dem Lobo herausgetragen und in die für sie bestimmten Kistchen gelegt, die nach Art der Kindersärge aus zwei ausgehöhlten auf einander passenden halbierten Holzstücken bestehen. Die Toten bekommen in ihre Kistchen mit: ein kleines Kochtöpfchen, etwas Reis und Holz. Die Kistchen werden an einen bestimmten Platz gebracht, etwa in eine überdeckte Felskluft (abri sous roches) oder auch begraben. Die Masken werden in der Reisscheuer aufbewahrt, um bei einer folgenden Gelegenheit wieder Dienst zu tun.

Am letzten Tage des Tengke-Opfers werden dann noch zahlreiche Büffel und Schweine geschlachtet, damit die Seele beim letzten Abschied von den Lebenden im Seelenland mit Nahrung reichlich versehen sei. Mit diesem Abschied gehen die Teilnehmer auseinander."

Soweit der Bericht unseres Gewährsmannes, den ich absichtlich ziemlich detailliert wiedergegeben habe, da derselbe an schwer zugänglicher Stelle publiziert und wie mir scheint von grossem ethnologischem Interesse ist, zumal diese merkwürdigen Gebräuche, die in ihrer weitern Umgebung manche Parallelen haben und auch auf gewisse prähistorische Funde ein Licht werfen, von einem mit der Volksseele der Toradja's so genau vertrauten Augenzeugen und Beobachter geschildert werden.

Worin besteht nun die eigentliche innere Bedeutung dieser Masken „Pemia"? Leider äussert sich *Kruijt* darüber nicht eingehend, er sagt nur in einer Anmerkung, wie auch im obigen Briefe, dass die Masken nicht als Medien noch als Reliquien angesehen werden, sie sind eine Verzierung der Toten und werden auch an Freunde abgegeben.

Sehen wir uns zur Erklärung des Sinnes dieser Masken in der näheren Umgebung dieser eigentümlichen Totenmaskenbräuche um, so ist meines Wissens weder überhaupt über Masken in Celebes noch über Totenmasken ausser den Notizen im *Sarasin*'schen Reisewerk und den unten zu beschreibenden von den Herren *Sarasin* entdeckten Masken von Lamontjong etwas bekannt. Allerdings schildert *A. B. Meyer*[5]) im Jahre 1882 in einer Mitteilung über den Schädelkultus eine sogenannte Maske aus der Minahassa mit folgenden Worten: „eine Art Schädelmaske ist von der Minahassa bekannt, sie befindet sich in der Sammlung der Nederl. Zendings Ver. in Rotterdam; es ist ein Stück Holz, welches den Kopf andeuten soll mit einem Teil des Schädels, dem Haupthaar und eingesetzten Zähnen eines Erschlagenen." *Meyer* schildert dann aus einem Berichte von 1679, welch grosse Rolle die Kopfjägerei früher auch in der Minahassa spielte und es geht aus allem hervor, dass diese sogenannte „Schädelmaske" überhaupt keine eigentliche Maske noch Totenmaske ist, sondern lediglich einen nicht vorhandenen vollständigen Kopf eines Erschlagenen repräsentieren soll, also eine Trophäe darstellt, wie die bei den Kopfjagden erbeuteten im Hause aufbewahrten Schädel; wie auch noch heute statt der Schädel nur Skalpe oder Skalpteile in den Häusern aufgenagelt werden, hat eben der Verfertiger jener sog. Maske einen Teil des Schädels seines Opfers mit Skalp und Zähnen in Vertretung des wirklichen Feindeskopfes an einem hölzernen Kopfe angebracht. Diese, so weit ich sehe, einzige Erwähnung einer „Maske" aus Celebes gehört also jedenfalls nicht in unsern Zusammenhang. Auch wenn

---

[5]) *A. B. Meyer.* Der Schädelkultus im ostindischen Archipel und der Südsee. Das Ausland, 1882, p. 325.

W. Volz[6]) neuestens in der von *Buschan* herausgegebenen Völkerkunde sagt: „und wenn in Indonesien Maskentänze auch nicht reichlich bekannt sind, so kennen wir sie doch von den Urstämmen vom innern Celebes", so beruht das wohl auf einem Irrtum, denn den besten Kennern, den Herren *Sarasin,* welche nebst *Kruijt* als erste Europäer mit diesen Stämmen von Central-Celebes zusammen kamen, ist von solchen Maskentänzen nichts bekannt geworden, wohl aber existieren solche, wie *Volz* im weitern angibt, reichlich z. B. in Borneo, wo sie *Niewenhuis*[7]) genau beschrieben hat.

Masken und Totenmasken scheinen also auf Celebes mit Ausnahme derjenigen von Lamontjong nicht mehr vorzukommen ausser bei diesen Toradja's des Posso-Gebietes; wohl aber ist vielleicht eine Stelle im *Sarasin*'schen[8]) Reisewerke als Erinnerung an Totenmasken zu deuten, wo es bei der Schilderung von Land und Volk von Kulawi im westlichen Central-Celebes heisst: „Bevor man die Leiche eines Fürsten in den Sarg legt, werden ihr Augen, Mund und Ohren mit Goldblech eingelegt; das sei so Adat (Sitte), ist die stereotype Antwort, wenn man sie nach dem Grund eines Ritus fragt, wovon sie fast nie etwas wissen. Nachdem der Sarg in der Erde ist, wird er nicht wieder, wie bei einigen Stämmen, nach einiger Zeit aufs neue ausgegraben, um die Gebeine zu reinigen und in einer Höhle auszusetzen, sondern er bleibt begraben. Eine Totenmaske wird nicht angefertigt, wie dies andere Stämme tun."

Könnte nicht gerade dieser „Adat" auf eine längst vergessene Sitte hinweisen, nach welcher man den Vornehmen beim Nichtbestehen einer zweistufigen Bestattung eine aus kostbarerem Material angefertigte Maske gleich bei der definitiven Bestattung mit ins Grab gab, eine Sitte, welche, wie noch erwähnt werden soll, bei den verschiedensten Völkern alter und neuer Zeit zahlreiche Parallelen aufweist? Jene Einlage mit Gold wäre dann die letzte Erinnerung an eine solche frühere Totenmaske.

Gehen wir über die Grenzen von Celebes hinaus, so sehen wir als naheliegende Parallele ähnliche Gebräuche in Borneo. Hier sagt uns *Niewenhuis*[9]), dass ursprünglich das Begräbnis bei den Bahaustämmen am obern Mahakam nur ein zeitweiliges war. Später wurden die Knochen, nachdem sie von den Weichteilen gereinigt waren, in einen grossen irdenen Topf gelegt und in einer Grotte beigesetzt. Der Schädel wurde verziert mit einer Maske, die

[6]) *H. Buschan.* Illustrierte Völkerkunde 1910, p. 262.
[7]) *Niewenhuis.* Quer durch Borneo, London 1904.
[8]) Sarasin l. c. Bd. II, p. 54.
[9]) l. c. Bd. II, p. 119.

vorn mit Blattzinn oder einem andern Metall beschlagen wurde, weil man den Anblick des Auges und der Nase in einem Schädel unangenehm fand. Diese Sitte besteht jetzt noch bei den Kajan, bei den übrigen Stämmen nicht mehr. Dass der ursprüngliche innere Sinn dieser Maske nicht nur der von den Gewährsmännern von *Niewenhuis* angegebene ästhetische war, sondern eben jetzt vergessen ist, dürfte wohl auf der Hand liegen.

Eine allerdings weiter abgelegene aber noch den malaischen Kulturkreisen angehörige Parallele zu diesen Totengebräuchen findet sich dann auf den Nikobaren. Dieselben sind resp. waren damals nach der Schilderung von *Svoboda*[10]), die aus dem Jahre 1886 stammt, folgende. Die Leiche wird zunächst auf dem Friedhofe begraben, wobei eine Art Grabmonument errichtet und die Besitztümer des Toten am Grabe aufgehäuft werden. Hiemit beginnt die Trauerzeit, die als leichte drei Monate, als schwere mehrere Jahre dauern kann; während derselben haben sich die nächsten Angehörigen zur Versöhnung des Geistes der Abgeschiedenen aller möglichen Vergnügungen und Genüsse zu enthalten.

Nach 2—3 Jahren wird dann das grosse Totenfest gefeiert, welches oft für mehrere in den letzten 6—7 Jahren Gestorbene gemeinsam begangen wird. Das Haus wird geschmückt und zunächst werden mit den hiezu eingeladenen Verwandten und Freunden mehrere Tage mit Festessen und Tänzen zugebracht. Beim nächsten Vollmond wird der zweite Teil des Totenfestes abgehalten. Die Hütte wird frisch dekoriert und in derselben eine altarartige Plattform aufgestellt, auf die zunächst die Totenhüte, Tuch, Reis etc. gestellt werden. Diese Totenhüte sind für männliche und weibliche Schädel verschieden gestaltete Mützen, aus Flechtwerk, Rotang und Cigaretten verfertigt, mit farbigem Hutband und zwei je ca. 4 Zoll hohen mit kleinen Fähnchen geschmückten Stäbchen oder Miniaturmasten, welche Geisterbäume repräsentieren.

Bei diesem letzten wichtigsten Teile des Festes begibt sich die Versammlung auf den Friedhof, der nächste männliche Verwandte entnimmt dem Grabe sorgfältig den Schädel, reinigt ihn und übergibt ihn der nächsten weiblichen Verwandten. Die Weichteile werden entfernt, die Schädelhöhle gereinigt mit Kokosnuss- oder Seewasser, sodann der Schädel mit Curcuma bestrichen und mit einem roten Tuche und einer Art Turban aus weissen und roten Tuchstreifen umwunden, wobei nur die Gesichtsknochen frei bleiben. Die so geschmückten Schädel werden nun in Prozession

---

10) *Svoboda.* Die Bewohner des Nikobaren-Archipels, III. Teil. Internationales Archiv für Ethnographie, Bd. VI, p. 22 ff.

von den Weibern zur Hütte zurückgetragen, es werden ihnen die Totenhüte aufgesetzt, sie bekommen Betel und Cigaretten zwischen die Kiefer und werden von den Verwandten wie ein kleines Kind auf dem Schoss liebkosend gewiegt und schliesslich auf den Altar gestellt. Nach geschehenem Trauermahl werden die Schädel wieder sorgfältig im Grabe beigesetzt. Auf einzelnen Inseln werden die Schädel auch 5 Tage im Hause behalten, auch die Oberkieferknochen rot bemalt.

Wir haben also hier, wenn man so sagen darf, nur noch eine partielle zweistufige Bestattung, nur die des Kopfes allein.

Immerhin sind die Parallelen zwischen den Gebräuchen auf Celebes, Borneo und den Nikobaren deutlich. Die springenden Punkte sind eine provisorische Bestattung und ein nach Jahren erst stattfindendes grosses Totenfest, wobei die Gebeine resp. die Schädel wieder ausgegraben, gereinigt, geschmückt, öffentlich gefeiert, ja geliebkost werden, worauf erst die definitive Bestattung in verschiedener Form (Felskluft, Sarg, Kisten, Grab) stattfindet. Die Ausschmückung der Schädel geschieht also dabei auf Celebes und Borneo durch Masken, die denselben vorgesetzt werden, auf den Nikobaren durch Totenhüte oder rote Bemalung. Auch aus der Südsee wären manche hieher gehörende Analogien anzuführen, so z. B. von der Gazellenhalbinsel, wo *Parkinson*[11]) beschreibt, wie nach einer provisorischen Bestattung später die Knochen oder auch nur die Schädel wieder gesammelt, gereinigt und je nachdem geehrt und geschmückt werden, besonders bei angesehenen Leuten. Masken werden dabei den Schädeln nicht aufgesetzt.

Es gehören also diese Totenbräuche einer zweistufigen Bestattung einem weit verbreiteten alten Kulturkreise an. Der innere Sinn dieser grossen definitiven Totenfeste erhellt am klarsten aus den Schilderungen von *Kruijt,* wo wir ersehen, dass bei diesem Anlass der letzte Abschied der Toten von ihren Familien gefeiert wird, zugleich soll das Fest der Seele den definitiven Eingang ins Seelenland Toráte ermöglichen. Fortan soll dieselbe auch nicht mehr die Ueberlebenden als Geist heimsuchen und etwa schädigen können, jeder Verkehr ist beendet, höchstens schöpfen noch die Krieger Kraft von den Manen der Verstorbenen durch jene oben genannten Amulette, die ,,Pesese".

Dieser letzte Abschied von der Seele der Verstorbenen auf Celebes und den Nikobaren hat eigentlich etwas rührendes und lässt auf ein inniges Familienleben schliessen, denn es scheint durchaus nicht etwa nur Furcht vor den Geistern der Toten zu

---

[11]) *Parkinson.* 30 Jahre in der Südsee, p. 81.

sein, die diese Ausschmückung und Ehrung der Ueberreste diktiert, sondern wirkliche Liebe und Anhänglichkeit, die sie, wie deutlich versichert wird, jene Schädel „liebkosen“ oder die Knochenbündel von adligen Frauen in Prozession im Lobo herumtragen lässt.

Die zweite uns hier interessierende Frage: Worin besteht die innere Bedeutung der *Totenmasken?* wird uns leider, wie oben erwähnt, von *Kruijt* nicht beantwortet. Es wäre zunächst denkbar, dass sie wie diejenige jener Totenhüte der Nikobaren lediglich darin bestünde, dem gewissermassen wieder für kurze Zeit in den Kreis der lebenden Familie zurückgekehrten lieben Toten ein möglichst menschliches Aussehen zu geben. Hiezu stimmt die oben erwähnte erste Angabe von *Kruijt*, wonach von den Verstorbenen hölzerne „Bilder“ verfertigt würden. Auch jene Bemerkung von *Niewenhuis* bei den Masken der Schädel von Borneo scheint auf eine solche Bedeutung hinzuweisen. Die Angehörigen würden dann bei diesem letzten Abschied nicht nur einen grinsenden Schädel, sondern mehr oder weniger menschliche Züge vor sich haben. Auch das rote Bemalen der vom Tuche nicht bedeckten Schädelteile auf den Nikobaren könnte hiefür sprechen. Allerdings wird von den Bewohnern der Nikobaren auch angegeben,[12]) dass sie auch die Hauspforten, Hauswände, ihr Gesicht, Schultern und Brust rot beschmieren mit Zinnober und Hühnerblut zum Schutz gegen böse Geister.

Immerhin liegt es nahe, auf Grund von Analogien an tiefer liegende Motive des Gebrauches von Totenmasken zu denken, Motive, die ja ganz wohl in Celebes vergessen sein könnten, während sie bei andern Völkern und zu andern Zeiten uns noch klar vorliegen. Wir denken hier vor allem an die Leichenmasken, die namentlich von *Andree*[13]) in seiner interessanten Abhandlung über Masken beschrieben und deren Bedeutung an verschiedenen Beispielen durchgeführt wird. Die Bedeutung der Leichenmaske ist namentlich die, dass durch Vorlegen einer Maske vor das Gesicht der Verstorbenen der Wächter im Jenseits, der so den Abgeschiedenen nicht erkennen kann, getäuscht wird oder aber auch die, dass der maskierte Tote die etwa hindernden Dämonen auf dem Wege ins Totenreich abschreckt. Als Beleg dieser Bedeutung führt *Andree* die Angaben von *Dall* über die Bewohner der Aleuten an, wo den Toten eine Maske mit ins Grab gegeben wurde, um sie im Jenseits vor bösen Geistern zu schützen. *Dall* fand in

[12]) l. c. p. 14.

[13]) *R. Andree.* Ethnographische Parallelen und Vergleiche. Neue Folge, 1885, p. 120 ff.

einer Felsspalte, die als Begräbnisstätte gedient hatte, eine grosse Anzahl solcher 26 Zoll hohen und 16 Zoll breiten, meist rot und schwarz bemalten Holzmasken, die ähnlich wie die melanesischen Schädelmasken von ihren Trägern bei den kultischen Maskentänzen an einem Querstabe mit den Zähnen festgehalten wurden. Als Leichenmasken aus älterer Zeit sind auch aufzuführen die oft auf den Mumien der alten Peruaner gefundenen Masken. Eine solche peruanische Leichenmaske wird auch abgebildet.[14]) Sie stammt von einer Mumie aus der Gegend von Lima, besteht aus Holz und hat auch, wie unsere celebensischen Totenmasken, unten einen stielartigen Griff zum halten. Ausserdem war diese Maske noch mit Federn geschmückt und mit verschiedenen Säckchen, welche das Eigentum des Toten enthielten, behangen als Grabbeigaben.

Ein glücklicher Zufall brachte für unsere Sammlung ganz neuerdings eine solche peruanische Totenmaske, die einem Gräberfeld bei Huacho entstammt und an Ort und Stelle von Herrn Dr. *Mazarey* gefunden und für uns mitgebracht wurde. Dieselbe ist 49 cm lang, aus einem Stück weichen Holzes geschnitzt, mit einem länglich viereckigen 17 cm langen und 13½ cm breiten Kopfteil, an den sich ein 32 cm langer und 9 cm breiter Stiel anschliesst. Das Gesicht mit schwachen Spuren alter roter Bemalung ist in Flachrelief geschnitzt, die Nase defekt. Die Maske gehörte zweifellos ursprünglich dem Innern eines Mumienbündels an, lag jetzt aber, da das Gräberfeld schon durchwühlt und teilweise zerstört war, frei im Sand. Die Uebereinstimmung mit den celebensischen Totenmasken ist markant.

Den gleichen Gebrauch finden wir, wie dies *Andree* weiter ausführt, bei den alten Aegyptern, wo Masken aus Gold, Holz, bemaltem Gyps entweder dem Gesichte oder dem Sarge aufgelegt wurden. Besonders schön sind die in dieses Kapitel gehörigen Porträtmasken aus griechisch-ägyptischer Zeit, von denen wir auch ein ausgezeichnet schönes Stück in unserer Sammlung haben. Dasselbe entstammt der frühern Sammlung *Graf* in Stuttgart und wurde in Balansurah in Oberägypten gefunden. Die Maske stellt den Kopf einer jungen Frau dar. Aus dem klassischen Altertum fand *Schliemann* in Mykene auf den Schädeln Verstorbener Masken von Goldblech; solche aus Silber, Bronze, Eisen gehen durch die ganze Römerzeit. Diese Masken sollten, wie *Andree* angibt, ein möglichst getreues Bild des Toten geben und eine fromme Täuschung darstellen, namentlich auch schützend und deckend gegen

---

[14]) l. c. p. 124.

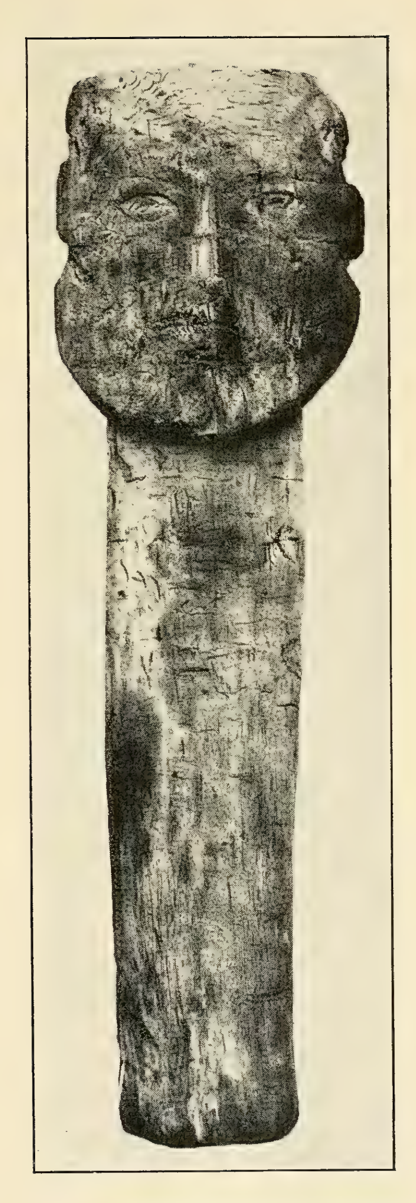


Fig. 1. Altperuanische Totenmaske
vom Gräberfeld von Huacho.
Sammlung für Völkerkunde, Basel.

Zauber und Unheil wirken, welche etwa der Seele widerfahren könnten. Wer weiss, ob nicht die bei uns noch gebräuchliche Sitte, das Antlitz unserer Verstorbenen mit einem Tuche zu verhüllen, noch eine letzte unklare Erinnerung an solche schützende Toten- oder Leichenmasken darstellt.

Wir sehen, ohne weiter gehen zu wollen, dass es an Parallelen zu unsern celebensischen Totenmasken nicht fehlt. Wir finden die meisten oben erwähnten Züge der innern Motive wieder. Allerdings wird die Maske dem Toten bei einer definitiven Bestattung in Central-Celebes nicht belassen, sondern nur noch temporär aufgelegt, dies konnte aber ganz wohl früher anders gewesen sein. Im übrigen finden wir aber das oben angedeutete



Fig. 2. Aegyptisch-griechische Totenmaske von Balansurah.
Sammlung für Völkerkunde, Basel.

Motiv wieder, ein Bild der Lebenden zu rekonstruieren sowohl bei den Totenmasken aus Celebes wie bei den Totenhüten der Nikobaren; das Schutzmotiv der Totenmaske spricht sich ferner wohl aus in dem Umstand, dass die Maske erst beim grossen Totenfest vorgelegt wird, also in jenem kritischen, entscheidenden Zeitpunkt, wo es sich darum handelt, dass die bis dahin im Hause am Fluss wartende Seele definitiv in die Totenstadt Torate unbehelligt eingehen kann. Denn in diesem Moment war es ja ganz besonders wichtig, dass nicht noch in letzter Stunde sich störende dämonische Einflüsse geltend machen. Das Schreckmotiv gegen hindernde Dämonen dürften wir dann vielleicht ausgedrückt sehen in den unten zu beschreibenden Masken von Lamontjong. Wir finden also verschiedene Motive, die bei andern Naturvölkern und

alten Kulturvölkern klar ausgesprochen sind, auch hier vereinigt. Erwähnt sei noch, dass die von *Andree*[15]) vertretene Anschauung, dass die Naturvölker nur die Beigabe der Maske ins Grab kennen, während die Bedeckung des Totenantlitzes mit der Maske bei Ausstellung der Leiche ihnen unbekannt blieb, durch diese celebensischen Totenmaskenbräuche zu modifizieren ist. Hier ist gerade der Gebrauch der Maske bei der Ausstellung vor der definitiven Bestattung markant, während ihr Gebrauch als Grabbeigabe nicht mehr vorkommt, allerdings vielleicht vergessen ist.

Ich möchte also zusammenfassend annehmen, dass bei dem Gebrauche von Totenmasken namentlich zwei Motive als innerer Sinn derselben mitwirken, dasjenige einer frommen Täuschung, die den lieben verstorbenen Angehörigen wieder in der Mitte der Seinigen gewissermassen für kurze Zeit wieder aufleben lässt, und ein Schutzmotiv wohl auch Schreckmotiv gegen hindernde dämonische Einflüsse beim definitiven Eintritte ins Totenreich. Das letztere Motiv scheint mir das primärere und wichtigere zu sein.

Es kann dies natürlich nur eine hypothetische Annahme sein, solange nicht authentische Aussagen der Toradja's selber vorliegen, was hier leider nicht der Fall ist.

Zum Schlusse dieser Ausführungen sei noch auf einige weit abliegende prähistorische Parallelen der zweistufigen Bestattung hingewiesen, die helle Schlaglichter auf geistige Gebiete in prähistorischer Zeit zu werfen scheinen. In den Uebergangsstufen vom Paläolithikum zum Neolithikum, dem Asylien, fand *Piette,* wie *Hoernes*[16]) erwähnt, in der Höhle von Abri Dufaure zwei menschliche Skelette, deren Knochen mit Steinwerkzeugen entfleischt und mit Eisenoxyd gefärbt waren. Ebenso wurden in der Höhle von Barma grande in der obersten Kulturschichte drei Skelette gefunden, Mann, Jüngling, junge Frau mit teilweise völliger Rotfärbung der Knochen durch eine absichtlich unter diese gelegte Schicht von Roteisenstein als Zeichen einer zweistufigen Bestattung entfleischter Skelette. *Hoernes* nimmt an, dass diese nach den Renntierjägern aufgetretenen Troglodyten, wie die Besitzer der ebenfalls dem Asylien zukommenden Galets coloriés mit ihren eigentümlichen buchstabenartigen „Schriftzeichen" einer damals neu auftretenden Rasse angehören.

Solche mit Ocker gefärbte Skelette hatte auch schon 1868 *Louis Lartet* in Cro-Magnon gefunden im Aurignacien, ein ebensolches fand Rivière 1872 in Mentone.

---

[15]) l. c. p. 133.

[16]) *Hoernes.* Der diluviale Mensch in Europa, 1903, p. 80 u. 81.

Breuil[17]) sagt in seinem schönen Werke über Altamira gewiss mit Recht: „Il est acquis que la couleur rouge a joué un rôle important dans les rites funéraires de l'âge de la pierre en Europe.“

Bei dieser Bedeutung der roten Farbe möge noch einmal erinnert werden an das oben erwähnte Bemalen der Oberkiefer der ausgegrabenen Schädel mit roter Farbe auf den Nikobaren. Auch das Bemalen des Innern mit roter Farbe und das Bestreuen mit rotem Sand der kleinen Grabtürme in den Totengrotten der Häuptlinge der Habbe auf dem Central-Plateau des Niger, wie dieses *Desplagnes*[18]) beschreibt, gehört hieher, neben gewiss noch manchen andern ethnographischen Parallelen.

Bei der rituellen Ockerbehandlung der Knochen im Paläolithikum ist übrigens nach *Breuil* nicht nötig anzunehmen, dass die Knochen direkt gefärbt wurden, sondern sie wurden auf eine dicke Schicht von Ockerpulver ausgebreitet, wobei sie sich rot imbibierten. Wir dürfen gewiss hier die sonst überall angewendete Methode, aus Gebräuchen heutiger Naturvölker, deren Motive uns klar sind, zu schliessen auf solche aus prähistorischer Zeit, deren Archivstücke ja vielfach ohne den Schlüssel, den uns die heutige Völkerkunde bietet, uns unverständlich blieben, auch hier anwenden. Dass die zweifellos zweistufige Bestattungsweise in jenen Höhlen des Asylien eine kultische Bedeutung haben musste, wobei die Rotfärbung der Knochen (noch heute auf den Nikobaren angedeutet) wohl den Sinn einer Verzierung, einer Art von liebevoller Verschönerung der Ueberreste, haben mochte, ist klar. Ob wir allerdings jenen Troglodyten des Asylien schon eine solche Höhe von religiösem Denken und Fühlen, wie die grosse Anhänglichkeit an die Toten, Abhaltung von Totenfesten, um Eintritt ins Seelenland und Ruhe für die Seele zu ermöglichen, zutrauen dürfen, bleibe dahingestellt. Dass wir aber angesichts des ungeheuren Konservatismus, den solche geistige und transcendente Begriffe in der ganzen Menschheit an sich tragen, annehmen müssen, dass sich bei jenen Höhlenmenschen (denen man übrigens keine allzugeringe Kulturstufe zuzutrauen hat) gewiss in den oben umschriebenen Kreis transcendenter Anschauungen gehörige Vorstellungen schon vorfanden, erscheint mir nicht zweifelhaft. Jedenfalls hätten wir in jenen Bestattungsbräuchen des Asylien, ja schon des Aurignacien, an Hand des uns heute über die Motive der zweistufigen Bestattung bei Naturvölkern bekannten einen ziemlich guten Mass-

---

[17]) *E. Carthailhac* et *H. Breuil.* La caverne d'Altamira, 1906, p. 120.
[18]) *Desplagnes.* Le plateau central nigérien, 1907, p. 248.

stab, um die Höhe jener prähistorisch transcendenten Vorstellungen zu bemessen.

Rituelle Bestattungsgebräuche gehen übrigens, wie bekannt, in der Prähistorie noch in viel weiter zurückgelegene paläolithische Epochen zurück als die eben genannte des Asylien. Auf die hier vorkommende zweistufige Bestattung und ihre Parallele mit derjenigen von Central-Celebes hat zuerst *P. Sarasin*[19]) hingewiesen. Bei dem so hohen allgemein menschlichen Interesse, welches die Frage bietet, wie weit zurück ins Paläolithikum sich wohl animistisch-transcendente, also religiöse Anschauungen nachweisen lassen, wandte ich mich brieflich an einen in dieser Materie besonders erfahrenen Kenner, an Prof. Abbé *Breuil* in Freiburg, der mir in freundlichster Weise einige seiner dieses Thema berührenden jüngsten Arbeiten zusandte, aus denen ich nur kurz das folgende hervorheben möchte. Zunächst noch im Azilio-Tardenoisien findet sich der höchst merkwürdige Fund von Ofnet[20]) an der bayrisch-württembergischen Grenze, wo Dr. *Schmidt* von Tübingen in einer Höhle nahe beisammen 33 Schädel fand ohne jede andere Knochenbeigabe, alle systematisch mit dem Gesicht nach Westen gewendet. Jeder Schädel war geschmückt mit Halsbändern von Hirschzähnen und Muscheln, besonders die weiblichen hatten einen reichen solchen Schmuck.

Ganz ähnliches fand sich im Magdalénien der Laugerie-Basse, und nach einer Notiz von *de Maret* erwähnt *Breuil*[21]) einen in der Grotte von Placard gefundenen einzeln auf einem Felsen aufgestellten Frauenschädel, der von reichlichen Muscheln umgeben war. Dieser in zweifellosem Magdalénien gelegene Schädel beweist uns also sichere animistische Vorstellungen in jener entlegenen Zeit, die unter anderm ihre heutige Deutung finden, wenn wir bei *Parkinson*[22]) lesen, dass auf der melanesischen Insel Kaniet der Schädel der ausgegrabenen Verstorbenen, mit Blattbüscheln, Stäbchen und Federn geschmückt und aufbewahrt wird, um die Geister der Toten von schlimmen Einflüssen abzuhalten.

Eine noch viel weiter zurückliegende zweifellose paläolithische Bestattung ergab nach *Breuil*[23]) der berühmte Fund des Homo primigenius durch die Abbés *Bardon* und *Bouyssonie* in der Höhle

---

[19]) *P. Sarasin.* Zur Einführung in das prähistorische Kabinett der Sammlung für Völkerkunde im Basler Museum, 1906, p. 49.

[20]) *H. Breuil.* Le gisement quaternaire d'Ofnet (Bavière) et sa sépulture mésolithique. L'Anthropologie 1909, p. 208.

[21]) l. c. p. 211.

[22]) *Parkinson* l. c. p. 441.

[23]) *H. Breuil.* Revue de Fribourg 1909. No. 1, p. 56 ff., No. 9, p. 688, 689.

von la Chapelle-aux-Saints, dem Moustérien angehörig, wo ein deutliches Grab gehöhlt und dem Toten als Beigabe und Seelennahrung ein Bisonviertel mitgegeben wurde, dessen intakte Fussknochen sich dicht beim Toten vorfanden, also eine zweifellos animistische Vorstellung; bei dem 1909 von *Peyrony* in 4 m Tiefe im untern Moustérien gefundenem Skelett von Homo primigenius war allerdings kein Grab, aber nach *Breuil* doch Schutz des Körpers vor Unheil, also doch eine Art Bestattung im weitern Sinne des Wortes zu konstatieren.

Dass auch die paläolithischen Höhlenbilder grösstenteils, sei es in den berühmten Tierbildern, wie wir sie in den Höhlen der Vezère, von Altamira etc., sei es in gewissen Zeichen und Linienführungen, finden, eine gewisse religiöse Bedeutung hatten, wobei wohl auch totemistische Beziehungen anzunehmen sind, geht aus der Art und Weise wie jene Malereien meist im tiefsten Grund der Höhlen angebracht sind sowie aus heutigen ethnographischen Parallelen (Buschmänner, Australier) mit Sicherheit hervor.[24])

Sogar der Gebrauch der Masken geht nach ältern und neuesten Funden sicher ins Paläolithikum zurück. So findet sich in der Sammlung Nelli in Carcassonne eine aus einer quaternären Grotte von Lourdes stammende Gravure auf Stein, einen Mann mit Pferdekopf darstellend, der zu tanzen scheint;[25]) in der Höhle von Altamira sind mehrere eigentümliche zweifellose menschliche Figuren, die Masken zu tragen scheinen,[26]) und ein höchst merkwürdiger Fund wurde 1908 im Abri Mège (Dordogne) gemacht,[27]) wo auf einem Kommandostab wohl zweifellos drei Maskentänzer dargestellt sind mit Gemsmasken, unter deren Fellbehang die Beine der Tänzer heraussehen.

Diese Masken sind, wenn sie auch vielleicht in erster Linie als Jagdmasken zu deuten sind, doch wohl auch nicht ohne eine gewisse animistische Beziehung, wie wir an Parallelen von den Eskimo her wissen, wobei der Tiermaskentänzer gewissermassen Teil nimmt am psychischen Teile des dargestellten Tieres („inua") und so bei der Jagd sich den Erfolg sichert.[28]) Es ist hier nicht der Ort, weiter auf diese hochinteressanten, sich hier aufwerfen-

---

[24]) Vergl. *E. Carthailhac* et *H. Breuil.* La caverne d'Altamira, p. 239, 1906.

[25]) l. c. p. 242.

[26]) l. c. p. 56 u. 57.

[27]) *Capitan, Breuil, Bourrinet, Peyroni.* Observations sur un bâton de commandement orné de figures animales et de personnages semi-humains. Revue de l'école d'Anthropologie de Paris, février 1909, p. 72.

[28]) l. c. (La caverne d'Altamira) p. 165.

den Fragen einzugehen. Es sollte nur gezeigt werden, wie ungeheuer alt solche animistische transcendente Vorstellungen im Menschengeschlechte sind und wie zäh sie haften, auch wie enge der Zusammenhang der modernen ethnographischen Forschung mit der prähistorischen ist.

Um hiemit diesen prähistorischen Exkurs zu schliessen, möchte ich aus dem Briefe des Herrn *Breuil* mit freundlicher Erlaubnis des Schreibers noch folgende Sätze zitieren: „il est donc pour moi certain, qu'un culte des morts existait dans la période moustérienne. — A mon sens, les Aurignaciens, Solutréens, Magdaléniens n'étaient pas du tout primitif, ou du moins pas plus que les peuplades primitives actuelles, Eskimos, Buschimans, Néo-Guinéens,

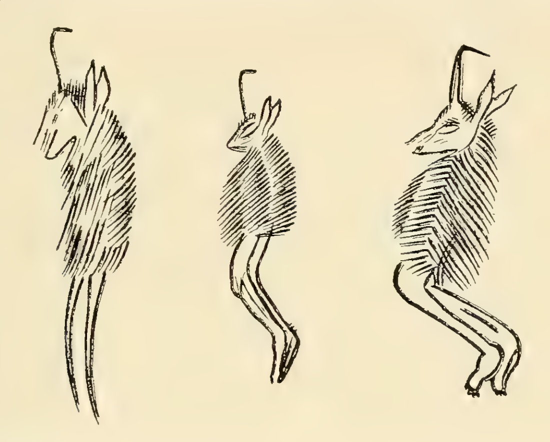


Fig. 3. „Diablotins" du bâton de commandement de l'abri Mège, grandeur vraie; ce sont des figurations de personnages masqués ou d'esprits. Aus Revue de l'école d'Anthropologie de Paris 1909, p. 72.

Australiens. Même l'homme moustérien du Néandertal, était déjà bien loin des origines et devait aussi avoir mille idées et usages, parmi lesquels la protection des morts, peut-être certaines idées sur l'au-delà, les ombres, etc. L'homme est bien vieux et ses idées aussi!"

2. Masken von Lamontjong.

Ein zweites und meines Wissens ausser dem obigen einziges sicheres Vorkommen von Masken in Celebes ist nachgewiesen durch die Entdeckung, welche die Herren *Sarasin*[29]) in Lamontjong im Gebiet der Toala, nicht sehr weit östlich von Makassar im Jahre

[29]) l. c. Bd. II, p. 291.

1903 gemacht haben. Der Fund ist beschrieben in ihrem Reisewerke und eine der Masken abgebildet. Wir lesen dort: „Aus einem nahen Hause brachte ein Buginese eine sonderbare, grosse Maske; sie war aus Holz geschnitzt, mit einem Stiel zum Festhalten, einem Band zum Umbinden und zwei kleinen Löchern zum Hindurchsehen. Haare, Bart, Augenbrauen und ein Band über die Nase waren aus Beuteltierfell hergestellt, die Augen und Zähne aus Porzellanscherben. Ein Mann nahm sie vor's Gesicht, setzte sich auf die Erde und hüllte sich ganz in seinen Sarong, nur die Maske freilassend. Die neigenden und drehenden Kopfbewegungen machten einen wahrhaft gespenstischen Eindruck. Die Umstehenden lachten; nur der Radja schaute starr, wie festgebannt auf die Maske. „Wenn ich so was des abends sähe, würde ich weglaufen,“ sagte er. Wir hielten diese Maske erst für ein Spielzeug, um kleine und grosse Kinder zu erschrecken; im Moment unserer Abreise wurde uns indessen ein zweites, genau gleiches Stück gebracht, woraus sich ergibt, dass es sich dabei um etwas Traditionelles und Typisches handelt, dessen Bedeutung noch zu erforschen bleibt. Bei einzelnen Toradja-Stämmen kommen, wie früher erzählt, Totenmasken vor, welche den Schädeln beim Totenfest vorgebunden werden. Dass die Masken von Lamontjong auf diese Quelle zurückgehen, ist sehr wahrscheinlich.“

Der obigen Beschreibung ist wenig mehr beizufügen. Beide Masken (siehe Taf. VI, Fig. 4 und 5) sind ausgeschnitten aus einem bikonkaven Stück weichen Holzes und haben jede unten einen kurzen Stiel zum Festhalten. Augenlöcher, Nase und Mund sind in roher Weise ausgeschnitzt. Als Augen und Zähne sind Scherben von Porzellan eingesetzt. Stirn, die Seiten des Gesichtes, teilweise die Nase, Mund und Kinn sind mit dem Fell eines Beuteltieres besetzt. Ein Riemen aus Band oder Schnur dient zum Befestigen der Masken. Totallänge bei Nr. 4, Tafel VI, 47 cm; Breite des Gesichtsteiles 19 cm; bei Nr. 5 sind die entsprechenden Masse 40 cm und 16,5 cm; Länge des Stieles 11 cm.

Näheres über die Bedeutung jener Masken war also ihrem Besitzer selbst unbekannt. Nach dem oben Gesagten kann jedenfalls kein Zweifel bestehen, dass es sich hier, wie die Entdecker es gleich ausgesprochen haben, um Relikte eines ursprünglich typischen Gebrauches handelt, der eben hier vergessen worden ist, und man darf diese Masken wohl unbedenklich als ursprüngliche Totenmasken bezeichnen, die eben heute noch nach alter Sitte angefertigt werden, ohne dass sich die Verfertiger ihrer Bedeutung bewusst sind. Auch spricht die Form mit dem Stiel zum Festhalten für diese Bedeutung. Vielleicht erinnert auch noch die

oben geschilderte Art und Weise, wie jener Buginese, in seinen Sarong verhüllt, die Maske präsentierte, an ihren Gebrauch beim Totenopfer, wo ja auch alle Gebeine in Fuja verhüllt sind und nur die Maske, die oben noch mit dem Kopftuch bedeckt ist, frei bleibt. Freilich in einem Punkte sind diese Lamontjong-Masken von denen aus der Possogegend sehr verschieden, indem sie nicht sowohl in ästhetisch angenehmer Weise die menschlichen Gesichtszüge der Verstorbenen in „frommer Täuschung" wieder aufleben lassen, sondern entschieden schreckhaft sind. Ob dieses gespenstisch schreckhafte Aussehen nun ein sekundärer Auswuchs der gestaltenden Phantasie der Maskenschnitzer ist, oder ob es sich in diesem Teile von Celebes, als noch Totenfeste und Totenmasken gebräuchlich waren, mehr um Schreckmasken handelte, die die hindernden Dämonen im Totenreich abschrecken sollten, bleibe dahingestellt.

Wir finden übrigens auch in andern Teilen von Celebes Relikten von zweistufiger Bestattung mit Totenfesten. Die Sitte selbst verschwindet eben offenbar mit zunehmender Mohammedanisierung mehr und mehr. Das Vorkommnis von Kulawi, wobei ich das Einlegen der Gesichtsöffnungen bei Häuptlingen mit Gold als letzte Erinnerung an frühere Leichenmasken ansprechen möchte, kann vielleicht hier herangezogen werden. Es wären dies dann Leichenmasken gewesen, die den Toten definitiv ins Grab mitgegeben werden. Aber auch die Beschreibung einer Totenhöhle bei Kap Tiro, nahe der Südostecke des Südarmes von Celebes, wo die Herren *Sarasin*[30]) eine Sargkiste und auch eine Menge frei herumliegender Gebeine fanden, wobei die Schädel die Eigentümlichkeit hatten, dass das Hinterhauptsloch erweitert war, offenbar zum Herausnehmen des Gehirns, gehört hieher. Die Verfasser nehmen daher mit Sicherheit an, dass es sich um die Reliquen einer zweistufigen Bestattung handelte, was auch durch das Dorfoberhaupt bestätigt wurde, welches erzählte, es sei dies ein Totenplatz aus vormohammedanischer Zeit.

Wie man sieht, findet sich also die zweistufige Bestattung und die Spuren ihres früheren Gebrauches in verschiedenen Gegenden von Celebes. *A. B. Meyer*[31]) z. B. gibt für die Minahassa im Gebiete der heutigen Steinsärge als älteste Art der Totenbehandlung die provisorische Aussetzung der in Baumbast gewickelten Leiche auf Baumästen an, und die endgültige Beisetzung

---

[30]) l. c. Bd. II, p. 301.

[31]) *A. B. Meyer* und *O. Richter*. Die Bestattungsweise in der Minahassa in Nord-Celebes. Abhandlg. und Bericht des königl. zool. und anthropol., ethnogr. Museums zu Dresden 1900/01, Bd. IX, p. 139.

der Ueberreste in Höhlen, später in Holzfässer oder Kisten, dann in Steinsärgen, endlich unter christlichem Einfluss Beerdigung in einem Grabe.

Am reinsten und wohl am ursprünglichsten aber haben sich diese Bestattungsgebräuche offenbar bei den Toradja's des Centrums der Insel erhalten, wo unsere Totenmasken als ehrwürdige Zeugen der Ausdruck sind einer noch heute bestehenden und weitverbreiteten Bestattungsgebrauches, der offenbar sehr enge zusammenhängt mit gewissen gemeinmenschlichen transcendenten Anschauungen, deren erste Spuren wir bis in die graue Prähistorie, Jahrzehnttausende vor unserer Zeitrechnung, verfolgen können.

Eingegangen den 10. Juni 1910.

Ueber gegenseitige Beeinflussung von Atmungs- und Kreislaufstörungen.

Von

D. Gerhardt.

Atemnot bildet eines der häufigsten Symptome von Herzkrankheiten. Sie tritt bald mehr chronisch und dann besonders im Anschluss an körperliche Anstrengungen auf, bald mehr akut, scheinbar unmotiviert, in der Form des Asthma cardiale.

Die Erklärung dieses häufigen Vorkommens von Atemnot bei Herzkranken hatte *v. Basch* in direkten mechanischen Folgen der Blutstauung in den Lungen gesucht, wie sie bei Verminderung der Herzkraft und zumal bei vorwiegender Schwäche des linken Ventrikels zustande kommen muss. Er suchte theoretisch, dann auch durch Tierexperimente und durch Modellversuche, zu zeigen, dass durch starke Füllung der Lungengefässe und speziell der Lungenkapillaren die Dehnbarkeit der Lunge vermindert werde, und dass der Lungenluftraum erweitert werde, dass also, wie er sich ausdrückte, ein Zustand von *Lungenschwellung und Lungenstarrheit* auftrete. Die Arbeiten von *Kauders, Grossmann, v. Skejskal* brachten neue experimentelle Stützen der Baschschen Lehre.

Baschs Lehren wurden verschieden beurteilt; während eine Anzahl von Autoren nicht zögerten, sie den klinischen Darlegungen über die Atmung Herzkranker zugrunde zu legen, bezweifelten andere die Beweiskraft von Baschs Versuchen, und zumal die Beobachtungen von *Kraus,* wonach die Grösse der Atmungsluft bei dyspnoischen Herzkranken nicht kleiner, sondern vielmehr grösser ist, als bei Gesunden, sowie einige experimentelle Studien *Herings* brachten wesentliche Zweifel an der Berechtigung der Baschschen Lehren; ihnen schliessen sich die kürzlich publizierten Versuche von *Sihle* an.

Ich selbst habe vor sechs Jahren Versuche mitgeteilt, welche zu zeigen schienen, dass die Lungenstarrheit höchstens eine untergeordnete Rolle bei der Erscheinung der Atmung spiele. Es wurde mittels eines mechanisch getriebenen, sehr gleichmässig arbeitenden Ge-

bläses eine Tierlunge rhythmisch aufgeblasen und durch Freigabe einer seitlichen Oeffnung der Trachealkanüle vermöge ihrer eigenen Elastizität wieder zur Kontraktion gebracht; die Lungengefässe waren mit Salzwasser gefüllt; durch Hochheben des Zuflussgefässes und Absperrung des Abflusses konnte der Grad ihrer Füllung beliebig variiert werden; die Exkursionen, welche die Lunge bei jeder Lufteinblasung machte, wurden mittels eines Spirometers registriert (es kommunizierte mit der Glasglocke, in welcher die Lunge aufgehängt war). Und es zeigte sich, dass die Exkursionen bei fast leeren und bei prall gefüllten Gefässen keinen sicheren Unterschied aufwiesen.

In jenen Versuchen wurde die Luftfüllung der Lungen durch Aufblasen bewirkt. Das entspricht nicht den natürlichen Verhältnissen, wo die Lungenentfaltung durch Saugwirkung auf die Lungenoberfläche zustande kommt. Ich habe deshalb, zusammen mit Herrn cand. med. *Romanoff,* jene Versuche wieder aufgenommen mit entsprechender Aenderung der Anordnung.

1. Die Lunge war in einer Glasglocke aufgehängt, die Trachea kommunizierte durch ein Rohr, das durch den Stöpsel der Glocke geführt war, mit einem Spirometer. Die Lungenfüllung wurde jetzt dadurch bewirkt, dass mittels zweier Mariottescher Flaschen der Druck in der Glocke vermindert wurde; die Luftfüllung der Lunge wurde am Spirometer abgelesen.

Bei diesen Versuchen ergab sich nun in der Tat ein Einfluss der Gefässfüllung auf die Dehnbarkeit der Lunge. Beispielsweise erweiterte sich der Lungenluftraum bei gleich starker Ansaugung um 160 ccm, wenn der Druck in den Lungengefässen 0, dagegen um 110 ccm, wenn der Druck 23 cm betrug. Ein gewisser Grad von Lungenstarrheit muss also zugegeben werden, und es erscheint begreiflich, dass bei starker Gefässfüllung eine stärkere Atemarbeit geleistet werden muss, um ein bestimmtes Luftquantum in die Lunge zu saugen, als bei normaler Füllung. Ob diesem Moment grosse Bedeutung zukommt, ist eine andere Frage, denn einerseits waren die in den Experimenten angewandten Füllungsdifferenzen der Lungengefässe viel stärker als sie je im Leben vorkommen, andererseits waren die Unterschiede in der Atmungsgrösse doch nur derart, dass sie durch verstärkte Einatmung relativ leicht kompensiert werden könnten.

2. Noch mehr umstritten als die *Lungenstarrheit* ist die *Lungenschwellung,* d. h. die Lehre, dass starke Blutfülle der Lungenkapillaren eine Vergrösserung der Alveolarwandung, und somit eine Vergrösserung des Alveolarinhalts, also eine vermehrte Inspirationsstellung der Lungen bedinge. Wir verbanden die Trachea mit dem

Spirometer und beobachteten dessen Schwankungen bei Gefässfüllung und -entlastung. Dabei sahen wir in der Tat, dass Gefässfüllung eine Inspirationsbewegung zur Folge hat, vorausgesetzt, dass die Lunge in ihrer Ausdehnung nicht behindert ist, d. h. — bei unserer Versuchsanordnung — dass der künstliche Pleuraraum, die Glasglocke, frei mit der Aussenluft kommunizierte. War die Glocke aber verschlossen, gleichgültig ob unter positivem oder negativem Druck, so folgte auf Gefässfüllung im Gegenteil eine Exspirationsbewegung; bei Gefässentlastung trat natürlich in beiden Fällen die entgegengesetzte Atembewegung ein. Die Volumzu- und -abnahme betrug immer nur geringe Werte, 5—10 ccm.

Es scheint also, dass die Füllung der Alveolargefässe tatsächlich das Bestreben hat, den Alveolarraum ein wenig zu erweitern, dass aber schon geringer Gegendruck auf die Lungenoberfläche diese Erweiterung hindert und dass nunmehr, vermutlich durch Vordrängen der gefüllten Kapillarschlingen ins Lumen, eine Verkleinerung bewirkt wird.

Für die Verhältnisse intra vitam wird anzunehmen sein, dass das Anliegen der Lunge an der Brustwand analog der künstlichen geschlossenen Pleura wirkt, d. h. dass Hyperämie der Lunge eine geringe Verkleinerung des Lungenluftraums bedinge, falls nicht durch aktive Erweiterung des Thorax eine leichte Ausdehnung der Lunge ermöglicht wird. Es wird also anzunehmen sein, dass Blutstauung in der Lunge eine etwas stärkere Inspirationslage der Lunge bedingt, nur wird dieselbe kaum als rein mechanische Folge, sondern als eine Kompensation oder vielleicht besser als eine Adaption an die neuen Verhältnisse zu deuten sein.

3. Die mitgeteilten Versuche bezogen sich auf Beeinflussung der Atmung durch Störungen des Kreislaufs. Die folgenden Beobachtungen betreffen *Beeinflussung des Kreislaufs durch Störungen der Lunge.*

Wir haben zunächst an der dem Körper entnommenen und künstlich durchströmten Lunge den Einfluss von Druckschwankungen der umgebenden Luft auf den Lungenblutstrom studiert. Wir liessen zu dem Zweck Flüssigkeit unter gleichbleibendem Druck durch die Lungengefässe strömen und bestimmten die Zeit, innerhalb deren je 100 ccm durchflossen. Der Lungenluftraum wurde (durch Verbindung der Trachea mit den Mariotteschen Flaschen) unter verschiedenen Druck gesetzt. Es zeigte sich hiebei ausserordentlich deutlich, dass eine Abnahme des Drucks im Lungenluftraum eine Beschleunigung des Flüssigkeitsstromes bedingt; der Widerstand im Lungengefässystem sinkt offenbar unter Erniedri-

gung des Aussendruckes ganz erheblich; wir fanden, dass die Durchflussmenge aufs Doppelte stieg, wenn der Aussendruck um ca. 25 cm aq vermindert wurde.

Bei diesen Versuchen war es notwendig, den auf der Lungenoberfläche lastenden („Pleura"-) Druck konstant zu halten; liess man ihn unberücksichtigt, dann nahm er stark ab und nun war die Erleichterung des Durchflusses durch die Lunge noch stärker.

Dieser Befund, dass Abnahme des auf den Atmungswegen lastenden äusseren Druckes eine Erleichterung des Blutlaufs durch die Lunge bewirkt, stimmt nicht überein mit den Voraussetzungen der *Kroneckerschen* Theorie der Bergkrankheit.

4. Das Gegenstück, beträchtliche Erschwerung des Lungenblutstroms durch geringe *Zunahme des Druckes im Lungenluftraum,* ist seit lange bekannt; in früheren Versuchen konnte ich sie am lebenden Tier deutlich zeigen, und die entsprechenden Versuche an der ausgeschnittenen, unter gleichmässigem Druck durchströmten Lunge haben sie bstätigt.

Man kann sich hienach leicht vorstellen, dass Pressen und Husten die Lungenzirkulation beträchtlich stört, und dass häufiges Husten und auch schon dauernd erschwertes und deshalb unter Pressen vor sich gehendes Ausatmen ein Hindernis für die Blutpassage durch die Lungen und somit eine Steigerung der Anforderungen für das rechte Herz bildet. Vielleicht sind solche Verhältnisse mit Schuld an der Vergrösserung des rechten Herzens bei chronischen Katarrhen mit *Emphysem.*

Allerdings wird solche Vergrösserung gewöhnlich auf den Ausfall von Lungenkapillaren zurückgeführt. Es ist kein Zweifel, dass bei Emphysem ein grosser Teil der Lungenkapillaren verödet, dass die Lungenblutbahn tatsächlich recht erheblich eingeengt wird. Man kann aber zweifeln, ob das von wesentlichem Einfluss auf die Blutzirkulation in den Lungen ist. *Lichtheim* hat gezeigt, dass man über die Hälfte der Lungenarterienbahn ausschalten kann, ohne dass der Druck im Stamm der art. pulm. merklich steigt. Hienach scheint es zunächst unwahrscheinlich, dass eine Verminderung der Lungenblutbahn, wie sie bei Emphysem oder chronischer Pneumonie vorkommt, eine nennenswerte Mehrarbeit des rechten Herzens erfordert. Es ist aber zu bedenken, dass die Lichtheimschen Versuche am narkotisierten Tier ausgeführt sind und zunächst nichts aussagen über die Verhältnisse bei Organismen, die sich frei bewegen. Aus den Darlegungen von *Zuntz* wissen wir, dass sich die Arbeit des Herzens nach 2 Momenten bemisst, nach dem Blutdruck und nach der Strömungsgeschwindigkeit. Für das linke Herz steht das letztere Moment an Bedeutung gegen das erstere ausserordentlich

zurück; so lang der Organismus ruht oder sich nur leicht bewegt, beträgt sie nur ca. 2 % der Hubarbeit. Anders bei Körperanstrengung; hiebei erreicht sie 50 % der Hubarbeit. Für das rechte Herz ist das Verhältnis noch mehr zugunsten der Strömungsarbeit verschoben. Und nun ist begreiflich, dass die Geschwindigkeit der Strömung ganz wesentlich erschwert wird durch die mit der Bahnverengung verbundene stärkere Reibung. Es gelang mir in früheren Versuchen, welche im übrigen die Lichtheimschen Resultate durchaus bestätigten, zu zeigen, dass schon die herzanregende Wirkung von Digitalispräparaten eine Erschwerung des Kreislaufs durch die eingeengte Lungenbahn erkennen liess. Bei der mit Körperanstrengung einhergehenden viel stärkeren Stromgeschwindigkeit muss diese Mehranforderung an den rechten Ventrikel noch wesentlich stärker sein.

Dass bei Verlegung von Lungenkapillaren der Druck in der art. pulmon. auch schon beim narkotisierten Tier erheblich steigen kann, konnte ich kürzlich in folgenden Versuchen deutlich sehen. Bei narkotisierten Kaninchen wurde der Karotisdruck und der Druck in der rechten Herzkammer (von der vena jugularis dextr. aus) registriert; wenn nun durch Injektion von Oel in die vena jugularis sin. vielfache Fettembolie und dadurch Verlegung eines grossen Teils der Lungenkapillaren hervorgebracht wurde, dann stieg der Druck im rechten Ventrikel auf das Doppelte des Ausgangswertes, während der Karotisdruck noch unverändert blieb, zum Zeichen, dass die verstärkte Tätigkeit des rechten Herzens dem linken trotz des Lungenhindernisses noch das normale oder annähernd normale Blutquantum liefern konnte.

Diese Versuche scheinen zu bestätigen, dass die Verlegung eines grossen Teiles der Lungenkapillaren, wie sie etwa beim Lungenemphysem vorkommt, doch von wesentlichem Einfluss auf die Blutströmung in der Lunge sein können. Die Herzhypertrophie bei Emphysen wird also doch wohl, wenigstens zum Teil, auf diese mechanische Einengung der Strombahn bezogen werden dürfen.

Daneben mögen noch andere Verhältnisse von Einfluss sein, so die häufige Steigerung des Exspirationsdruckes, und wohl auch die bei der erschwerten Atmung etwas verminderte unterstützende Wirkung der rhythmischen Atembewegungen auf die Blutbeförderung.

Eingegangen 5. Juni 1910.

Errata.

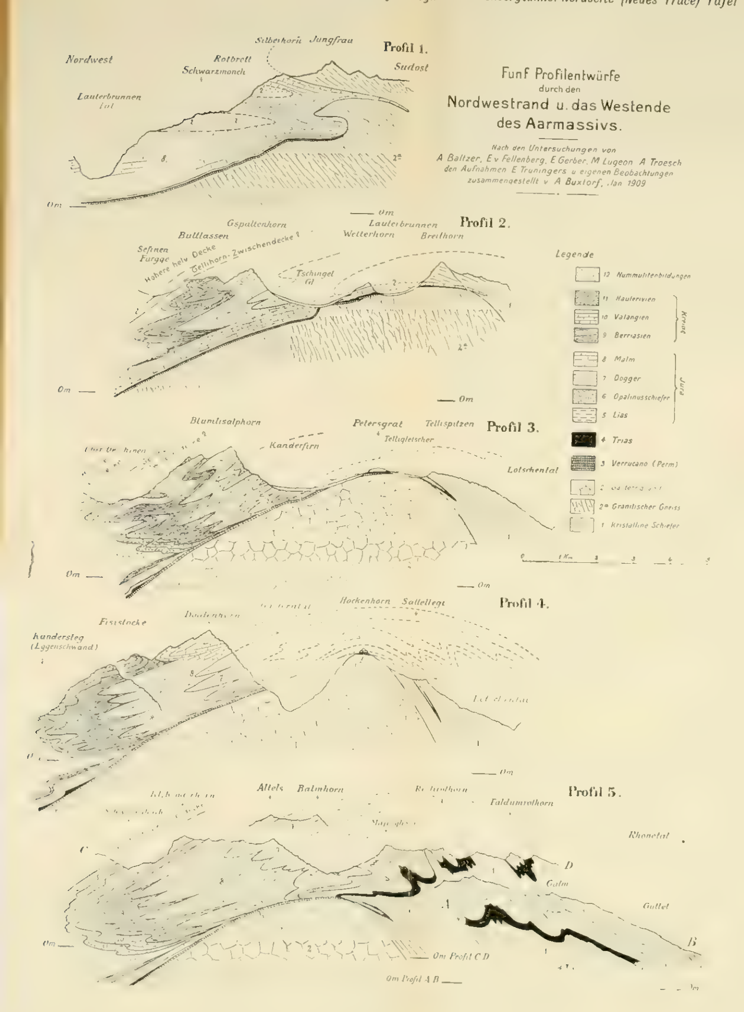
Auf Seite 114 (unten) ist der Satz, der mit den Worten beginnt: „Bildet man aus ihren laufenden Koordinaten . . .“ wegzulassen.

Tafeln.

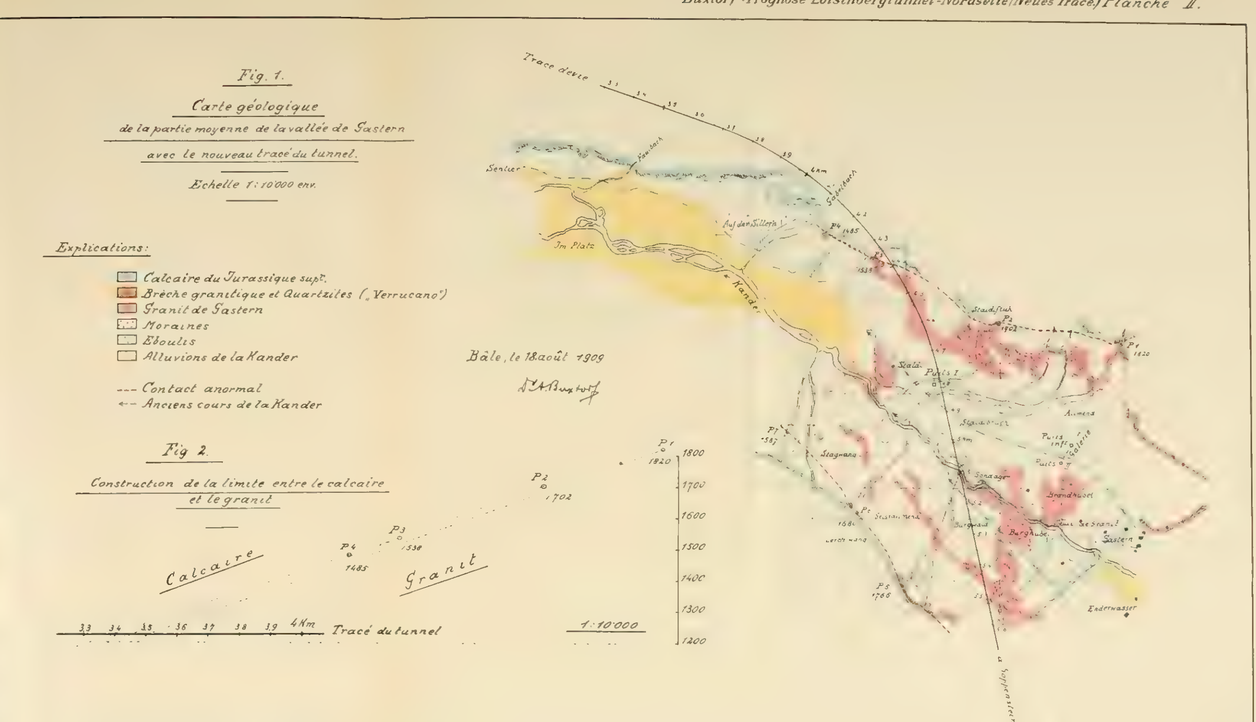


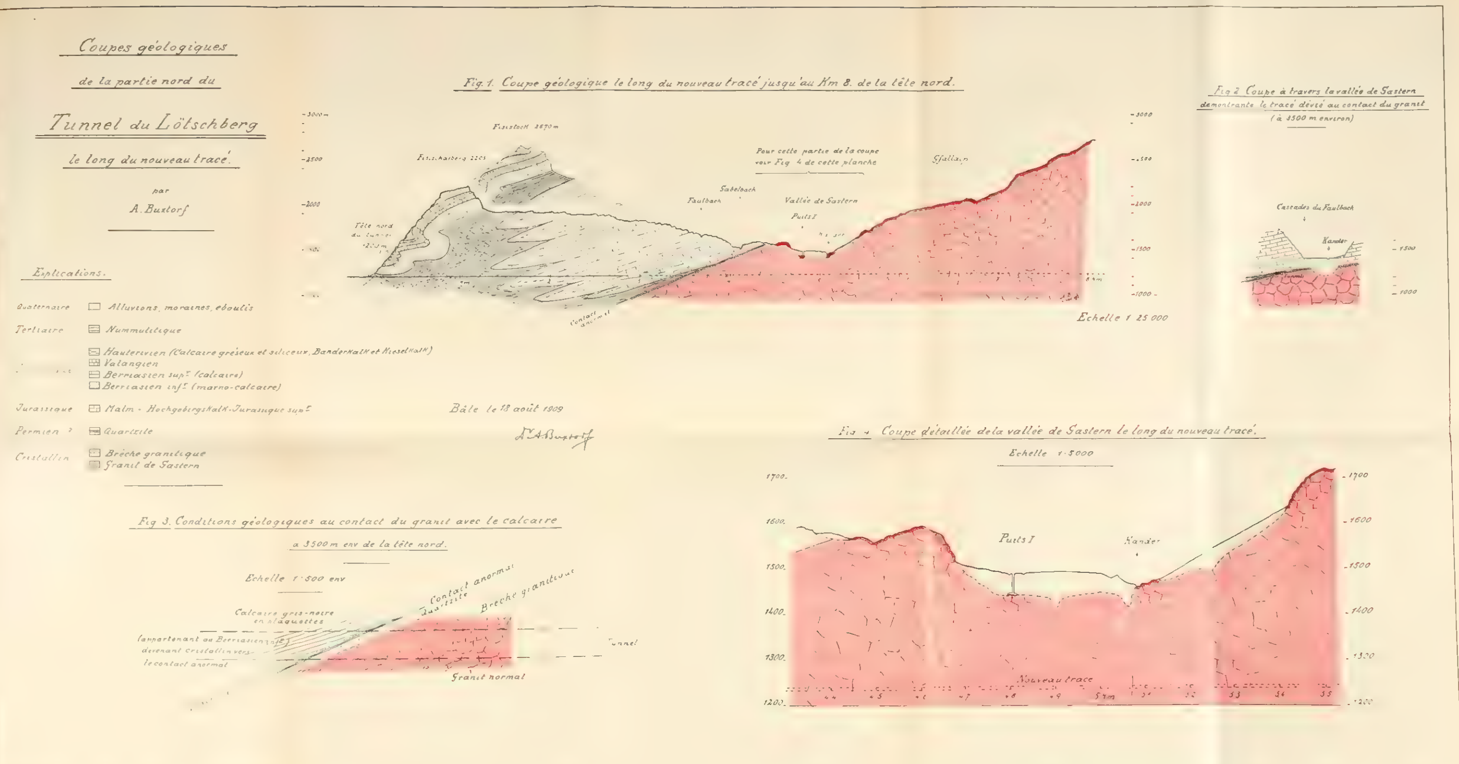
Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim Nachf. v. H. Besson, Basel.

Buxtorf: Prognose Lötschbergtunnel-Nordseite (Neues Trace) Tafel I.



Buxtorf: Prognose Lötschbergtunnel-Nordseite (Neues Trace.) Planche II.




Coupes géologiques
de la partie nord du
Tunnel du Lötschberg
le long du nouveau tracé.
par
A. Buxtorf
Fig. 1. Coupe géologique le long du nouveau tracé jusqu'au Km 8. de la tête nord.
Fisistock 2670 m
Tête nord du tunnel
Pour cette partie de la coupe voir Fig. 4 de cette planche
Sabelbach
Faulbach
Vallée de Gastern
Puits I
Contact anormal
Echelle 1:25 000
Fig 2. Coupe à travers la vallée de Gastern demontrante le tracé dévié au contact du granit (à 3500 m environ)
Cascades du Faulbach
Kander
Explications.
Quaternaire
Alluvions, moraines, eboulis
Tertiaire
Nummulitique
Hauterivien (Calcaire grèseux et siliceux, Banderkalk et Kieselkalk)
Valangien
Berriasien supr. (calcaire)
Berriasien infr. (marno-calcaire)
Jurassique
Malm - Hochgebirgskalk - Jurassique supr.
Permien ?
Quartzite
Cristallin
Brèche granitique
Granit de Gastern
Bâle le 18 août 1909
Dr A. Buxtorf
Fig 3. Conditions géologiques au contact du granit avec le calcaire
à 3500 m env de la tête nord.
Echelle 1:500 env
Calcaire gris-noire en plaquettes (appartenant au Berriasien inf.) devenant cristallin vers le contact anormal
Contact anormal
Quartzite
Brèche granitique
Tunnel
Granit normal
Fig. 4. Coupe détaillée de la vallée de Gastern le long du nouveau tracé.
Echelle 1:5000
Puits I
Kander
Nouveau tracé



F. S. Phot. Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel.



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel.



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel.

Verhandlungen

der

Naturforschenden Gesellschaft

in Basel.

Band XXI.

Mit 6 Tafeln und 86 Textfiguren.

Den Teilnehmern der 93. Versammlung der
Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft gewidmet.

Basel
Georg & Co., Verlag
1910.

Verzeichnis der Tafeln.

Inhalt

